วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร

ISSN 0125-0369

AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 44 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม 2556 Vol. 44 No.2 (Suppl.) May-August 2013

การประชุมวิชาการ และเสนอผลงานวิจัย พืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 7

วันที่ 1-2 สิงหาคม 2556 ณ อาคารสัมมนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร

โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

โทรศัพท์/โทรสาร 02-4707781 www.crdc.kmutt.ac.th

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

นายกสมาคม

รองศาสตราจารย์ ดร. พีรเดช ทองอำไพ

อุปนายก

ศ.ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์

รศ.ดร.วิจารณ์ วิชชุกิจ

ผศ.ดร.บัณฑิต อิณณวงศ์

เลขาธิการ	**นายทะเบียน**	**เหรัญญิก**
ศ.ดร.จริงแท้ ศิริพานิช	นายกฤตภาค บูรณวิทย์	นางสาววีร์สุดา ธีรเดช

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร

Agricultural Science Journal

บรรณาธิการ

รศ.ดร.นิพนธ์ ทวีชัย

กองบรรณาธิการ

ศ.ดร.สายชล เกตุษา

ศ.ดร.อังศุมาลย์ จันทราปัตย์

รศ.ดร.อมรา ทองปาน

ศ.ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์

ศ.ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ

รศ.ดร.กัญจนา ธีระกุล

เจ้าของ

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

ตู้ ปณ.1070 ปทฝ. เกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10903

สำนักงานกองบรรณาธิการ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร อาคาร 3 ชั้น 8

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

โทร.02-579-1259 ต่อ 124 โทรสาร.02-940-5634

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน
(ฉบับปกติ)

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (Agriculture Science Journal) ของสมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้เปลี่ยนชื่อจากข่าวสารวิทยาศาสตร์การเกษตร (Asst Newsletter) ตั้งแต่ฉบับที่ 1 ปีที่ 30 (มกราคม 2540) มีวัตถุประสงค์เพื่อพิมพ์เผยแพร่เรื่องที่น่าสนใจในวงการวิทยาศาสตร์การเกษตร ซึ่งสมาชิกได้จัดส่งมาลงพิมพ์

เรื่องที่ผู้เขียนจะส่งมาลงพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรครอบคลุม :

1. **งานวิจัย** (Technical Paper) เป็นเอกสารวิทยาการเพื่อเสนอผลงานวิจัยในด้านวิทยาศาสตร์การเกษตร

2. **บทความ** (Articles) เป็นเอกสารวิทยาศาสตร์ที่รวบรวมข้อมูล ความคิดเห็นและประสบการณ์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์การเกษตร

3. **จดหมาย** (Letters) เป็นจดหมายถึงกองบรรณาธิการเพื่อเสนอความคิดเห็นสนับสนุน หรือโต้แย้งความคิดเห็นของนักวิจัยอื่นๆ ตลอดจนความรู้และประสบการณ์ที่น่าสนใจ

การเตรียมต้นฉบับ

1. **ต้นฉบับ** ควรพิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เวิร์ด (Microsoft Word) แล้วส่งต้นฉบับ จำนวน 4 ชุด พร้อมด้วยดิสก์เก็ต ถ้าพิมพ์ดีดธรรมดา ให้เว้นบรรทัดห่าง และพิมพ์หน้าเดียวความยาว 25 บรรทัดต่อหน้า มีความยาวทั้งหมดไม่ควรเกิน 10 หน้า

2. **ชื่อเรื่อง** ควรจะกะทัดรัด ไม่ยาวเกินไป แต่อธิบายสาระของเรื่องได้ดีพอสมควร และควรกำหนดชื่อเรื่องอย่างย่อเพื่อใช้เป็นหัวเรื่อง (Running heads) ด้วย ควรมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3. **ชื่อผู้เขียน** เป็นชื่อเต็ม ใช้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมทั้งสถานที่ทำงาน ระบุจังหวัดและรหัสไปรษณีย์ด้วย

4. **บทคัดย่อ** (Abstract) มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ซึ่งจะปรากฏนำหน้าตัวเรื่อง เป็นการสรุปสาระสำคัญของเรื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัตถุประสงค์ วิธีการและผล ไม่ควรเกิน 200 คำ หรือ 3% ของตัวเรื่อง และให้ระบุคำสำคัญ (Keywords) เป็นภาษาอังกฤษท้าย abstract จำนวนไม่เกิน 5 คำไว้ด้วย

5. **เนื้อหา** (Text) สำหรับเรื่องประเภทงานวิจัยควรประกอบด้วยหัวข้อ ดังต่อไปนี้

ก. คำนำ (introduction) เพื่อกล่าวถึงปัญหาและวัตถุประสงค์ และอาจรวมถึงการตรวจเอกสาร (Literature review)

ข. อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) ควรประกอบด้วย

- คำอธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยไม่ต้องระบุหมายเลขแยกเป็นข้อ
- คำอธิบายถึงวิธีการที่ใช้ทดลอง แต่ไม่จำเป็นต้องอธิบายวิธีการที่ถือว่าเป็นแบบฉบับ ซึ่งเป็นที่เข้าใจอันดีโดยทั่วไปอยู่แล้ว การเขียนอุปกรณ์และวิธีการให้เขียนเป็นส่วนเดียวกันไม่ต้องแยกหัวข้อ

ค. ผล (Results) เป็นการเสนอผลของการวิจัยแต่ไม่ควรอธิบายยืดยาว ถ้าเป็นไปได้ ควรควบคู่ไปกับการใช้ตารางกราฟ หรือภาพประกอบ ซึ่งกำกับด้วยคำอธิบายที่กะทัดรัด และเป็นอิสระกับเนื้อเรื่อง

ง. บทวิจารณ์ (Discussion) เป็นการวิจารณ์ผลการวิจัย (1) เพื่อให้คล้อยตามถึงความสัมพันธ์หรือหลักการที่มาจากผล (2) สนับสนุนหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีผู้เสนอมาก่อน (3) เปรียบเทียบกับผลการวิจัยและการตีความหมายของผู้อื่น (4) สรุปสาระสำคัญและประจักษ์พยานของผลการวิจัย ผู้เขียนควรพยายามเน้นถึงปัญหาหรือข้อโต้แย้งในสาระสำคัญของเรื่องที่กำลังพูดถึงตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต และลู่ทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์

จ. คำขอบคุณ (Acknowledgements) อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัย และการเตรียมเอกสารลุล่วงไปด้วยดี แต่มิได้เป็นผู้ร่วมงานด้วย

ฉ. เอกสารอ้างอิง (Literature cited) การอ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่องใช้ระบบชื่อและปี (name-and-year system) เช่น จินดา (2536) รายงานว่า... หรือ (จินดา, 2536) ในกรณีเป็นภาษาอังกฤษ หรือภาษาใดๆ ที่เขียนด้วยภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อสกุลเป็นภาษาอังกฤษทุกคน เช่น Murashige and Skoog (1962) หรือ (Murashige and Skoog,1962)

ในตอนรายการเอกสารอ้างอิง ซึ่งปรากฏอยู่ท้ายเรื่องให้เรียงอักษรตามชื่อตัว ชื่อสกุลของผู้แต่งคนแรกถ้าเป็นคนไทย แต่ถ้าเป็นชาวต่างประเทศให้ใช้ชื่อสกุลขึ้นต้นและชื่อตัวโดยไม่ต้องใส่เลขที่ แสดงเฉพาะเอกสารที่นำมาอ้างอิงในเนื้อเรื่องเท่านั้น ไม่ควรอ้างเอกสารใดๆ ที่ยังมิได้มีการจัดพิมพ์

สำหรับวารสาร (Periodicals) **ควรเรียงลำดับ ดังนี้**

ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อเรื่อง (ตามที่ปรากฏในวารสาร) ชื่อวารสาร (ใช้ชื่อย่อถ้ามี) ปีที่: หน้า

ตัวอย่าง :

ศิวาพร ศิวเวช และสลักจิต สืบพงษ์ศิริ. 2536. ข้าวเกรียบข้าวฟ่าง. ว.วิทย.กษ.26 : 80-87.

Tekrony, D. M., D. B. Egli and A. D. Phillips. 1980. Effect of field weathering on the viability and vigor of soybean seeds. Agron. J.72 : 749-753.

สำหรับตำรา (Text books) **ควรเรียงลำดับดังนี้**

ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อหนังสือ สำนักพิมพ์ เมืองที่พิมพ์ หน้า

ตัวอย่าง :

ทักษิณา สวนานนท์. 2536. การใช้โปรแกรม Page Maker 4.0. พิมพ์ครั้งที่ 2. บ.ไฮเทค พริ้นติ้ง จก. กรุงเทพมหานคร. 346 น.

Villadsen, J. and M. L. Michelsen. 1978. Solution of Differential Equation Models by Polynomial Approximation. Prentice-Hall. New Jersey. 445p.

สำหรับเอกสารประกอบรายงาน (Reports and Proceedings)

ผู้แต่ง (ชื่อตัว ชื่อสกุล) ปี (พ.ศ.) ชื่อเรื่อง ชื่อรายงาน หรือการประชุม สถานที่ หน้า

ตัวอย่าง :

ธวัช ลวะเปารยะ. 2513. การผสมพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน. รายงานความก้าวหน้า, โครงการวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่าง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 42น.

Noda, K., L. Chaiwiratnukul, S. Kanjanajirawong and M. Teerawatsakul. 1985. Some biological characteristics of *Pennisetum* spp. in Thailand. Proc. the 10th Conf. of Asian-Pacific Weed Science Society, Bangkok, Thailand. p. 75-80.

Tongpan, S., T. Panayotou, S. Jetanavanich, K. Faichampa and C. Mehl. 1990. Deforestation and poverty : Can commercial and social forestry break the vicious circle? Research report No. 2. The 1990 TDRI Year-End Conference. Chon Buri, Thailand. 176p.

Thainugul, W. and S, Photiwattautum. 1988. Soil conservation under rubber in Thailand pp. 859-868. *In* S. Rimwanich (ed.). Proc. the 5th International Soil Conservation Conf. Vol 2. January 1988. Bangkok, Thailand.

6. **ภาพประกอบ** (Illustration)

ก. ภาพถ่าย ควรเป็นภาพขาว-ดำ สำหรับภาพสี ถ้าจำเป็นจึงใช้ ขนาดภาพอย่างต่ำควรเป็น 9.0 x 13.5 ซม. หรือเท่าตัวจริงที่ปรากฏในหนังสือผิวเรียบ เขียนคำอธิบายแยกไว้ต่างหาก อย่าเขียนลงในภาพ อย่าหนีบด้วยคลิปหรือกลัดด้วยเข็มหมุด

ข. ภาพเขียน เขียนด้วยหมึกสีดำ จัดบนกระดาษอาร์ตหนาพอควร ควรเขียนตัวหนังสือด้วย Lettering guide หรือ Letter press

7. **การเขียนคำไทยเป็นภาษาอังกฤษอักษรโรมัน** ให้ใช้ระบบของราชบัณฑิตยสถาน

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน
(ฉบับพิเศษ)

รายละเอียดและรูปแบบข้อกำหนดต่างๆ สำหรับเตรียมต้นฉบับต้องเป็นดังนี้

ต้นฉบับเรื่องเต็ม จำนวนไม่เกิน 4 หน้ากระดาษ ส่ง hard copy จำนวน 4 ชุด พร้อมดิสก์เก็ตหรือซีดี 1 แผ่น โดยพิมพ์ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์เวิร์ด (Microsoft Word for Windows) เวอร์ชัน 97 หรือ 2000 หรือ xp โดยใช้รูปแบบฟอนต์เป็น Cordia New ทั้งฉบับ (ขนาดของตัวอักษรให้ดูในรายละเอียดของแต่ละหัวข้อ)

ขนาดกระดาษต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 สีขาว พิมพ์แบบ Portrait โดยตั้งค่าหน้ากระดาษ (page setup) ส่วนระยะขอบ (Margins) ดังนี้ ด้านบน (Top) 1 นิ้ว ด้านล่าง (Bottom) 0.75 นิ้ว ด้านซ้าย (Left) 1 นิ้ว ด้านขวา (Right) 0.75 นิ้ว ขอบเย็บกระดาษ (Gutter) ไม่ต้องใส่ค่า Gutter หรือ 0 นิ้ว หัวกระดาษ (Header) 0.5 นิ้ว ท้ายกระดาษ (Footer) 0.5 นิ้ว

โดยมีลำดับดังนี้

ชื่อเรื่อง : อยู่ชิดขอบบนของหน้า มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (แยกกันคนละบรรทัด) ชื่อเรื่องแต่ละภาษามีความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด แต่ให้อธิบายสาระของเรื่องได้ดี กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 15 points พิมพ์ตัวหนา (bold) และจัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ

ชื่อผู้เขียนและคณะ : เว้น 1 บรรทัดจากชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อเต็ม มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (แยกคนละบรรทัด) ให้ครบทุกคน และต้องใส่เชิงอรรถ (Footnote) (รายละเอียดเชิงอรรถให้ดูย่อหน้าถัดไป) เป็นแบบลำดับตัวเลข (ยกกำลัง) กำกับไว้ท้ายนามสกุลให้ครบทุกคน ชื่อผู้เขียนกำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 12 points พิมพ์ตัวหนา (bold) จัดชิดขอบขวาของหน้ากระดาษ

การแทรกเชิงอรรถ (Footnote) ให้ใช้แบบลำดับตัวเลขอัตโนมัติ (1, 2, 3, …) โดยใช้ฟอนต์แบบ Cordia New ขนาด 10 points และจัดข้อความชิดขอบซ้ายของหน้ากระดาษ

บทคัดย่อ (Abstract) : มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยขึ้นด้วยบทคัดย่อภาษาอังกฤษก่อนแล้วจึงตามด้วยบทคัดย่อภาษาไทย โดยมีรายละเอียดดังนี้

คำว่า “Abstract” และ “บทคัดย่อ” ให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points และพิมพ์ตัวหนา (Bold) จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ส่วนเนื้อหาของตัวบทคัดย่อ ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย ให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points บรรทัดแรกของย่อหน้าให้เยื้องมาทางขวา 0.5 นิ้ว และจัดข้อความในแต่ละย่อหน้าแบบข้อความชิดขอบ (Justified) บทคัดย่อเป็นการสรุปสาระสำคัญของเรื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัตถุประสงค์ วิธีการและผล ไม่ควรเกิน 300 คำ

เนื้อหา (Text) : ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผล วิจารณ์ผล สรุป และเอกสารอ้างอิง ทุกส่วนให้ทำตามข้อกำหนดดังนี้คือ

เมื่อขึ้นส่วนเนื้อหน้าใหม่ ให้เว้น 1 บรรทัดเสมอ (ย่อหน้าต่างๆ ในส่วนเดียวกันไม่ต้องเว้นบรรทัด) โดย คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผล วิจารณ์ผล สรุป และเอกสารอ้างอิง กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points พิมพ์ตัวหนา (Bold) จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ส่วนของเนื้อหาข้อความในแต่ละย่อหน้า กำหนดให้ใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points บรรทัดแรกของแต่ละย่อหน้าให้เยื้องเข้ามาทางขวา 0.5 นิ้ว และจัดข้อความแต่ละย่อหน้าแบบข้อความชิดขอบ (Justified)

เนื้อหาส่วนต่างๆ ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. **คำนำ** (Introduction) : เพื่อกล่าวถึงปัญหา ที่มา วัตถุประสงค์การวิจัย และรวมถึงการตรวจเอกสาร (Literature review) ด้วย

2. **อุปกรณ์และวิธีการ** (Materials and Methods) : ควรประกอบด้วย คำอธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยไม่ต้องระบุหมายเลขแยกเป็นข้อ คำอธิบายถึงวิธีการที่ใช้ทดลอง การเขียนอุปกรณ์และวิธีการ ให้เขียนเป็นส่วนเดียวกันไม่ต้องแยกหัวข้อ

3. **ผล** (Results) : เป็นการเสนอผลของการวิจัย แต่ไม่ควรอธิบายยืดยาว ถ้าเป็นไปได้ ควรควบคู่ไปกับการใช้ตาราง กราฟ หรือภาพ ประกอบการอธิบาย คำอธิบายควรกะทัดรัด และเป็นอิสระกับเนื้อเรื่อง คำอธิบายและตัวอักษรต่างๆ ใน ตาราง กราฟ และภาพ ต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น โดยใช้ฟอนต์ Cordia New ขนาด 14 points (หรือเล็กกว่าแต่ยังต้องสามารถอ่านได้อย่างชัดเจน)

4. **วิจารณ์ผล** (Discussion) : เป็นการวิจารณ์ผลการทดลองหรือการวิจัย โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) เพื่อให้คล้อยตามถึงความสัมพันธ์หรือหลักการที่มาจากผล

(2) สนับสนุนหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีผู้เสนอมาก่อน

(3) เปรียบเทียบกับผลการวิจัยและการตีความหมายของผู้อื่น

(4) ชี้ให้เห็นประเด็นที่เด่นหรือสำคัญของผลการวิจัย

ควรพยายามเน้นถึงปัญหาหรือข้อโต้แย้งในสาระสำคัญของเรื่องที่กำลังพูดถึง ตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคตและลู่ทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์

5. **สรุป** (Summary) : เป็นการย่อสาระสำคัญและประจักษ์พยานของผลการวิจัย

6. **คำขอบคุณ** (Acknowledgements) : อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัยและการเตรียมเอกสารลุล่วงไปด้วยดี แต่มิได้เป็นผู้ร่วมทำงานวิจัยด้วย

7. **เอกสารอ้างอิง** (Literature cited) : ดูรายละเอียดในคำแนะนำสำหรับผู้เขียนฉบับปกติ

8. **ภาพประกอบ** (Illustration) : ดูรายละเอียดในคำแนะนำสำหรับผู้เขียนฉบับปกติและ

การแทรกภาพควรมีการจัดรูปแบบภาพ (Format picture) ดังนี้ รูปแบบ (Layout), ลักษณะการตัดคำ (Wrapping style), แบบข้างหลังข้อความ (Behind text)

9. **การเขียนคำไทยเป็นภาษาอังกฤษหรืออักษรโรมัน** : ให้ใช้ระบบของราชบัณฑิตยสถาน

ดัชนีคำสำคัญ

ก

กรดจิบเบอเรลลิก, 85
กระเจี๊ยบ, 17
กระบวนการงอก, 441, 449
กระบวนการป้องกันตัวเองของพืช, 365
กระบวนการพัฒนาแบบมีส่วนร่วม, 157
กระบวนการหมัก, 321, 449
กระบวนการออสโมซิส, 189
กล้วย, 113
กล้วยไข่, 113, 189, 545
กล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้, 565
กล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์ลูกผสม, 565
กล้วยหอมทองตัดแต่ง, 505
กล้าเชื้อ, 321
กลีเซอรีน, 369
กลุ่มเกษตรกร, 493
กลุ่มเกษตรกรทำนาปลอดภัย, 157
กวานีน, 445
กากถั่วเขียว, 457
กากน้ำตาล, 225
กากใยส้ม, 245
ก๊าซชีวภาพ, 373
ก๊าซมีเทน, 373
การกระจายน้ำหนัก, 533
การกระจายอุณหภูมิ, 89
การกักเก็บกลิ่นรส, 469
การเก็บรักษา, 453, 545
การเกิดฟอง, 129
การเกิดอิมัลชั่น, 129
การขยายผล, 153
การขยายพันธุ์, 77
การคลุกเมล็ดพันธุ์, 485
การคัดเลือกพันธุ์, 257
การงอก, 73, 513
การจุ่มน้ำร้อนต่อการเกิดอาการสะท้านหนาว, 601
การเจริญเติบโต, 117, 149
การเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า, 113
การเจริญเติบโตและผลผลิต, 537
การฉายรังสี, 229
การฉายรังสีแกมมา, 501
การชักนำยอดรวม, 617
การแช่, 489
การแช่น้ำ, 9
การซื้อและการขายอ้อย, 53, 61
การดัดแปรด้วยเอนไซม์, 397
การดูดน้ำ, 573
การตัดแต่งกิ่ง, 261
การตัดสินใจ, 53
การตัดอ้อย, 61
การต้านอนุมูลอิสระ, 21, 81, 129, 141, 221
การแตกกอ, 149
การถดถอยเชิงพหุ, 33
การถ่ายเทมวล, 189
การทดสอบ disc diffusion, 437
การทดสอบทางประสาทสัมผัส, 233
การท่องเที่ยวเชิงเกษตร, 569
การทอดแบบน้ำมันท่วม, 241
การทอดแบบสุญญากาศ, 505
การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, 301
การทำนา, 493
การทำแห้งแบบพ่นฝอย, 469
การแทงราก, 513
การนึ่ง, 489
การบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ, 497
การประเมินทางประสาทสัมผัส, 453
การปรับสภาพด้วยด่าง, 169
การปลดปล่อยในหลอดทดลอง, 607
การปักชำ, 581
การผ่าหัว, 581
การเผยแพร่ความรู้, 153
การพัฒนาผลิตภัณฑ์, 241
การพัฒนาสูตร, 509
การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, 617
การยอมรับของผู้บริโภค, 109, 429
การย้อมสี, 385
การยืดตัว, 613
การเรียนรู้, 153
การเรียนรู้ร่วมกัน, 249
การเลี้ยงเนื้อเยื่อเมล็ด, 77
การวางแผนพัฒนาแบบมีส่วนร่วม, 493
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์, 353
การวิเคราะห์น้ำตาล, 125
การสกัดด้วยกรด, 461
การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย, 293

การส่งออก, 545
การสังเคราะห์ด้วยแสง, 177
การสัมภาษณ์เชิงลึก, 333
การให้ความร้อน, 209
การให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ, 89
การอบแห้งแบบพ่นฝอย, 21
การอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด, 468
การอบแห้งแบบอินฟราเรด, 97
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ, 213
เกษตรพันธสัญญา, 61
เกษตรยั่งยืน, 333
เกษตรอินทรีย์, 153
เกี๊ยวซ่า, 17
ไกลโคไซด์, 5

ข

ขนมกลีบลำดวน, 93
ขนมกวน, 101
ขนมขบเคี้ยว, 201
ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ, 241
ขนมชั้น, 425
ขนมปัง, 421
ขนาดอนุภาค, 181
ข้าว, 13, 129, 177
ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป, 468
ข้าวกล้องสินเหล็ก, 9, 181
ข้าวเกรียบ, 317
ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กลายพันธุ์, 289
ข้าวเจ้าหอมมะลิ, 329
ขาวดอกมะลิ105, 177
ข้าวนึ่ง, 489
ข้าวโพด, 449
ข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ PA271, 193
ข้าวไรซ์เบอรี่, 205
ข้าวไร่พื้นเมือง, 285
ข้าวสาลี, 557
ข้าวหุงสุก, 501
ข้าวเหนียวนึ่ง, 521
ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6, 33
ข้าวอบกรอบ, 329
ขิง, 301
ขิงผง, 65
ไขมันแพะ, 517
ไขรำข้าว, 341

ค

ความคงตัวทางพันธุกรรม, 257, 541
ความงอกของละอองเกสร, 69
ความชื้น, 97
ความฝาด, 81
ความพอง, 33
ความมีชีวิต, 485
ความมีชีวิตของละอองเกสร, 69
ความสมบูรณ์ดิน, 529
ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ, 461
ความสามารถในการพองตัว, 185
ความสามารถในการละลาย, 185
ความหนาแน่น, 137
ความหนืดคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ, 9
ความหลากหลาย, 285
ความหลากหลายทางชีวภาพ, 357
ความอุดมสมบรูณ์ของดิน, 569
คาเทชิน, 597
ค่าน้ำหนักที่สูญเสียภายหลังการให้ความร้อน, 325
คาเฟอีน, 597
คาร์บอนไดออกไซด์, 37
คาราจีแนน, 613
ค่าสหสัมพันธ์, 57
ค่าสี, 185, 489
คุกกี้, 405
คุกกี้เนย, 273
คุณค่าทางโภชนาการ, 285
คุณภาพ, 341, 389, 501, 521
คุณภาพทางจุลชีววิทยา, 229
คุณภาพทางโภชนาการ, 209
คุณภาพผล, 257
คุณสมบัติทางกายภาพ, 109
คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ, 213
เครื่องดื่มชา, 313
เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก, 417
เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย, 473
เคอร์คูมิน, 607
แคโรทีนอยด์, 549
แคลลัส, 381
ไคโตซาน, 613

จ

จลนพลศาสตร์, 477
จังหวัดกาญจนบุรี, 285

ช

ชักนำให้เกิดราก, 49
ชา, 221
ชาเขียว, 233
ช้าพลูสารสกัด, 45
ชิ้นส่วนใบ, 381
ชีวมวล, 29, 31
ชุดดินโพนพิสัย, 57
เชื้อรา, 525
เชื้อรา *Colletotrichum* spp., 365
เชื้อแลคโตบาซิลลัสแพลนทารัม, 245

ซ

ซุปก้อนปรุงรส, 65
ซุปกึ่งสำเร็จรูปแบบแห้ง, 197
ซุปเปอร์คริติคอลคาร์บอนไดออกไซด์, 37
เซลล์แขวนลอย, 133
แซนทีน, 445
โซเดียมต่ำ, 197
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์, 41
ไซแลน, 161

ด

ด้วงงวงข้าวโพด, 25
ด้วงถั่วเขียว, 105
ดัชนีการเจริญเติบโต, 573
ดัชนีการดูดซึมน้ำ, 137
ดัชนีการละลายน้ำ, 137
ดินขาว kaolin, 389
ดินผสม, 29, 31

ต

ต้นทุนการผลิต, 377
ต้นปูเล่, 617
ต้นอ่อนข้าวโพด, 485
ตลาดข้าวปลอดภัย, 157
ตังกุยสด, 109
ตัวทำละลายสกัด, 433
ตัวทำละลายร่วม, 517
ตัวเร่งปฏิกิริยา, 361
ตัวเร่งปฏิกิริยา, 369
ตาข้อ, 617
ตำรับยาล้านนา, 561
เต้าฮวยนมสด, 429

ถ

ถั่วเขียว, 57
ถั่วงอก, 305
ถุงพลาสติก, 109

ท

ทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่น, 369
ทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น, 349, 517
ทำมัง, 37
ทุเรียน, 473
ทุเรียนตัดแต่งสด, 453
ทุเรียนทอดกรอบ, 473
เทคนิคหยดแขวน, 385
แทนนิน, 81, 141

ธ

ธาตุในดิน, 529
ธาตุอาหาร, 345
ธาตุอาหารพืช, 533

น

นมหมดอายุ, 373
นาโนแพลทินัม, 525
นาลุ่มและน้ำลึก, 537
น้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์, 21, 81
น้ำพริกเผา, 329
น้ำมันหอมระเหย, 37
น้ำยาบ้วนปาก, 477
น้ำสกัดชีวภาพ, 557
น้ำหนักสด, 565
น้ำหมักชีวภาพ, 345
เนื้อในเมล็ดมะม่วง, 477
เนื้อผลสดมะม่วงหิมพานต์, 141

บ

บะหมี่, 265, 325
บะหมี่สด, 269
บาซิลัส, 161
บิสกิต, 181
628
[illegible]โคลเด็กซ์ตริน, 277
แบคทีเรียกรดแลคติก, 321
แบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจนและชอบร้อน, 165
แบคทีเรียทนอุณหภูมิสูง, 161

โบรมิเลน, 13, 129, 457
ใบกวนเกลียว, 577
ใบกวนครีบ, 577
ใบเตย, 17, 413
ใบบัวบก, 317
ใบบัวบกผง, 65
ใบมะรุมผง, 197
ไบโอดีเซล, 349, 361, 517, 553
ไบโอแอคทีฟเพปไทด์, 393

ป
ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบที่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง, 505
ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน, 361, 553
ปฏิกิริยาสีน้ำตาล, 481
ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ, 205
ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ, 441
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด, 221
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, 81, 117, 141
ปริมาณเส้นใย, 325
ปลายี่สก, 329
ปัจจัยการผลิต, 557
ปาล์มน้ำมัน, 401
ปุ๋ย, 561
ปุ๋ยยูเรีย, 149
เปลือก, 433
เปลือกปูทะเล, 553
เปลือกมะม่วงพันธุ์ฟ้าลั่น, 405
เปลือกหอยแครง, 553
แป้งกล้วย, 213
แป้งกล้วยน้ำว้า, 217
แป้งข้าวกล้อง, 93
แป้งข้าวกล้องงอก, 237
แป้งข้าวเจ้า, 425
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่, 589
แป้งถั่วหรั่ง, 265
แป้งพรีเจลาทิไนซ์, 205, 425
แป้งฟลาวร์มันสำปะหลัง, 273
แป้งมันเทศ, 197
แป้งมันเทศสีม่วง, 421
แป้งเมล็ดขนุน, 201
แป้งลูกเดือย, 241
แป้งสาลี, 93, 269, 421
แปรอุณหภูมิ, 437
แปะตำปึง, 409

โปรตีน, 397
โปรตีนไฮโดรไลเซท, 13, 129, 457
โปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวกล้อง, 145
โปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่, 469

ผ
ผงแก่นตะวัน, 269
ผงปรุงแต่งกลิ่นรสปู, 469
ผลผลิต, 297
ผลไม้เพื่อสุขภาพ, 309
ผลหนามแดง, 417
ผลิตภัณฑ์กึ่งแห้ง, 1
ผักกาดเขียวปลี, 321
ผักบุ้งจีน, 297
ผักใบเปรี้ยว, 603

ฝ
ฝักวานิลลาบ่ม, 281

พ
พริกขี้หนู, 345
พริกไทยดำ, 45
พริกหวาน, 293, 610
พริกแห้ง, 549
พลังงานทดแทน, 373
พลังงานไอโซสเตียริก, 185
พลับพลึงธาร, 77, 381
พลู, 45
พอลิฟีนอลออกซิเดส, 193
พอลิแลคติกแอซิด, 497
พังกาหัวสุมดอกแดง, 101
พันธุ์ข้าว, 537
พิวรีนเบส, 445
พืชผักสมุนไพร, 561
พืชพื้นบ้านของไทย, 603
พื้นผิวโครงร่างตอบสนอง, 409
เพคติน, 433
เพปไทด์ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ, 145
เพิ่มจำนวนยอด, 49
โพแทสเซียมไนเตรท, 85
โพลีฟีนอล, 317

ฟ
ฟองออกซิเจนขนาดไมโครและนาโน, 513

ฟางข้าว, 165, 169
ฟิล์มบริโภคได้, 481
ฟิล์มพอลิโพรพิลีนดัดแปร, 193
ฟีนอลิค, 133, 477
ฟีนอลิคทั้งหมด, 585

ภ
ภาชนะบรรจุ, 545
ภาวะเค็ม, 177
ภูมิปัญญาท้องถิ่น, 333

ม
มหาพรหม, 173
มะกรูด, 1
มะเขือเปราะ, 261
มะพร้าว, 397
มะพร้าวต้นเตี้ย, 529, 533
มะพร้าวน้ำหอม, 69
มะม่วง, 277, 325
มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4, 389
มะม่วงหาวมะนาวโห่, 337
มังคุด, 209
มันฝรั่ง, 89
มันสำปะหลัง, 273
มัฟฟิน, 237
มีเทน, 577
เมทอกซิล, 433
เมทานอล, 349, 369
เมล็ดผักกาดหัว, 525
เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม, 513
เมล็ดอัลฟัลฟ่า, 525
เมี่ยง, 597
แมลงวันผลไม้, 253
ไม้กระถาง, 29, 31

ย
ยับยั้ง, 73
ยาสูบ, 357
ยีน choline monooxygenase, 401
ยีสต์, 253
ยีสต์ทนร้อน, 225
โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง, 245

ร
ระยะการสุก, 337
ระยะเวลาเฉลี่ยในการงอก, 573
รังสีแกมมา, 105
แรงต้านการกดทับ, 137
โรคอ้วน, 603, 610
โรคแอนแทรคโนส, 365
โรงงานน้ำตาล, 53

ฤ
ฤทธิ์การไล่, 25
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, 293, 297, 309, 397
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH, 117

ล
ลองกอง, 313
ละอองเรณู, 385
ลักษณะทางกายภาพ, 305
ลักษณะเนื้อสัมผัส, 593
ลำอิเล็กตรอน, 105
ลูกชิ้นปลา, 593
ลูกแป้ง, 225
ลูกผสม, 173
เลซิติน, 607

ว
วงศ์กระดังงา, 173
วัสดุ, 581
วัสดุปลูก, 29, 31
ว่านสี่ทิศ, 581
วานิลลิน, 281
วิตามินซี, 21, 81, 141, 309
วิธีการปลูกข้าว, 377
วิธีพื้นผิวตอบสนอง, 457
วุ้นน้ำมะพร้าว, 429
เวย์โปรตีนไอโซเลทไฮโดรไลเซท, 393
เวลาเฉลี่ยในการงอก, 85

ส
ส่งเสริมการเกษตร, 157
ส่งเสริมการปลูกอ้อย, 53
สตีวิออล, 5
สตีวิออล ไกลโคไซด์, 121
สตีวิโอไซด์, 5

สตีเวียไซรัป, 5, 121
สนิปส์, 401
สบู่สมุนไพร, 509
สภาวะการสกัด, 413
สภาวะสกัดที่เหมาะสม, 409
ส้ม, 341
สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ, 301
สมบัติของแป้ง, 101
สมบัติเชิงหน้าที่, 13
สมบัติด้านความหนืด, 33
สมบัติต้านเอนไซม์ไลเปส, 603
สมบัติทางกายภาพ, 97
ส้มโอ, 221, 333
สันป่าตอง, 1, 377
สายพันธุ์แท้, 541
สารเคลือบผิว, 341
สารต้านโรคอัลไซเมอร์, 413
สารต้านอนุมูลอิสระ, 133, 317, 393, 405, 409, 589, 601
สารประกอบฟีนอลิก, 21, 309
สารประกอบฟีนอลิกรวม, 213, 293
สารปรุงแต่งกลิ่นรส, 473
สารยับยั้งกลูโคซิเดส, 449
สารยับยั้งเอนไซม์ไลเปส, 610
สารลดความดันโลหิต, 393
สารละลายออสโมติก, 189
สารสกัด, 25
สารสกัดด้วยน้ำ, 437, 585
สารสกัดด้วยเอทานอล, 585
สารสกัดใบหยีน้ำ, 73
สารสกัดสมุนไพร, 509
สารส้ม, 521
สารหอมระเหย, 13, 453
สารให้ความคงตัว, 217
สารให้ความหวานจากพืชไทย, 125
สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ, 337
สารอินทรีย์, 485
สาหร่ายสไปโรไจร่า, 349
สี, 41
สื่อเครือข่ายสังคม, 249
สูตรอาหาร, 565

ห

หงส์เหิน, 353
หญ้าหวาน, 5, 121
หน่อไม้, 41
หมู่บ้านนาจอก, 233
หล่อฮั้งก้วย, 313
หัวข้าวเย็น, 49
เห็ดเข็มทอง, 593
เห็ดแชมปิญอง, 497
เห็ดนางฟ้า, 593
เห็ดนางฟ้าภูฐาน, 97

อ

องค์การบริหารส่วนตำบล, 493
องค์ประกอบทางเคมี, 125, 305, 437
องค์ประกอบผลผลิต, 57, 289
องุ่น, 133
อนุพันธ์ไคโตซาน, 525
อนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์, 161
อบเชย, 229
ออกซิน, 49
ออกาโนเจล, 607
อ้อย, 149
อ้อยไฟไหม้, 61
ออสโมซิส, 1
อะดินีน, 445
อะไมเลส, 277
อัญชัน, 17
อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า, 113
อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ, 613
อัตราการรอดชีวิต, 573
อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ, 41
อาการ์, 613
อายุการเก็บเกี่ยว, 289
อายุการเก็บรักษา, 501
อิเล็กโตรสปินนิ่ง, 497
อุณหภูมิ, 468
อุณหภูมิสูง, 69
อุตสาหกรรมมะละกอแปรรูป, 541
เอกซ์ทรูชัน, 201, 205
เอทานอล, 225
เอนไซม์เซลลูโลไลติก, 165
เอนไซม์เชิงซ้อน, 169
เอนไซม์ไซลาโนไลติก, 165
เอนไซม์อะซิทิลโคลิเนสเทอเรส, 413
เอส เอส อาร์ เครื่องหมายโมเลกุล, 357
แอนโทไซยานิน, 441

แอปเปิลตัดแต่งสด, 481
แอปเปิ้ลมอญู, 85
แอฟฟินิตี้ โครมาโตกราฟี, 277
แอลฟา, 277
ไอโซเลตโปรตีน, 13
ไอศกรีมไขมันต่ำ, 589
ไอศกรีมนมสด, 217

ฮ

ไฮโปแซนทีน, 445

A

α –amylase, 277
2-acetyl-1-pyrroline, 13
A. aceti, 417
acetylcholineterase, 413
acid extraction, 461
adenine, 445
affinity chromatography, 277
AFLP, 353
agar, 613
agricultural extension, 157
agro-tourism, 569
alfalfa seed, 525
alkaline pretreatment, 169
alum, 521
amaryllis, 581
Angelica (*Angelica sinensis* Oliv.), 109
Annonaceae, 173
anthocyanin, 441
anthracnose disease, 365
anti-Alzheimer's disease, 413
antihypertensive, 393
anti-lipase activity, 603
antioxidant, 393, 397, 405, 589, 601,
antioxidant activity, 21, 81, 133, 141, 205, 213, 221, 293, 309, 409, 441, 461
antioxidant capacity, 297, 317
antioxidant properties, 301
aromatic coconut, 69
ascorbic acid, 309
asiatic pennywort powder, 65
astringency, 81
auxin, 46, 49
average germination time, 573

B

Bacillus, 161
Bactrocera dorsalis (Hendel), 253
bambara groundnut flour, 265
bamboo shoots, 41
Ban Na Jok, 233
banana flour, 213
betel vine, 45
bio extract, 557
bioactive compounds, 337
bioactive peptide, 145, 393
biodiesel, 349, 361, 517, 553
bio-fertilizer, 345
biogas, 373
biomass, 29, 31
bird chilli, 345
biscuit, 181
black pepper, 45
blue pea, 17
bouillon cube, 65
Brassica oleraceae L. cu. gr. Collard, 617
bread, 421
bromelain, 13, 129, 457
brown rice flour, 93
brown rice protein hydrolysate, 145
browning reaction, 481
Bruguiera gymnorrhiza, 101
burn sugarcane, 61
butter cookies, 273

C

β –cyclodextrin, 277
caffeine, 597
callus, 381
Capsicum frutescens L., 345
carbondioxide, 37
Carissa carandas, 337
carotenoid, 549
carrageenan, 613
Carunda fruit, 417
cashew apple fresh juice, 21
cashew apple pulp, 141
cassava flour, 273
cassava, 273
catalyst, 361, 369
catechins, 597
cellulolytic enzymes, 165
chanpigon mushroom, 497
chemical composition, 125, 305, 437
chili fish paste, 329
Chinese Mustard Green, 321
chitosan, 613
chitosan derivatives, 525

choline monooxygenase gene, 401
Chulta, 85
cinnamon, 231
citrus fiber, 245
Citrus maxima (Burm.) Merr., 385
cluster analysis, 353
coating material, 341
cockle shell, 553
coconut, 397
Cocos nucifera L., 529, 533
collaborative learning, 249
Colletotrichum spp., 365
color, 41, 185, 489
compressive strength, 137
condensed tannin, 141
consumer acceptance, 429
consumer perceptions, 109
contract farming, 61
cooked rice, 501
cookies, 405
cooking loss, 325
correlation, 57
co-solvent, 517
crab flavor powder, 469
Crinum thaianum, 77, 381
crude fiber, 325
culture media, 565
curcumin, 607
cured vanilla bean, 281
cutting, 581

D
decision-making, 53
deep-fat frying, 241
Dendrobium hybrid, 565
Dendrobium species, 565
density, 137
derivative-xylooligosaccharides, 161
Dioscorea birmanica, 117
disc diffusion method, 437
diversity, 285
DPPH radical scavenging capacity, 117
DPPH, 585
DPPH$^{\bullet}$ scavenging activity, 129
dried chili, 549
dry soup mix, 197
dumpling, 17
durian chips, 473
durian, 473
dwarf coconut, 529, 533

E
edible film, 481
eggplant, 261
electron beam, 105
electrospinning, 497
elongation, 613
emulsion capacity, 129
encapsulation, 469
enzymatic browning reaction, 505
enzymatic modification, 397
essential oil, 37
ethanol, 225
ethanolic extracts, 585
expired milk, 373
export, 545
extracting solvent, 433
extraction condition, 409, 413
extrusion, 201, 205

F
farmer group, 493
fermentation, 321, 449
fertilizer procedure, 113
fertilizer, 561
finned agitator, 577
fish ball, 593
flavoring agent, 473
fluidized bed drying, 468
foaming capacity, 129
formula development, 509
Fresh cashew apple juice, 81
fresh cut apple, 481
fresh cut durian, 453
fresh milk ice-cream, 217
fresh noodles, 269
fresh weight, 565
fresh-cut Hom-Thong banana, 505

fruit fly, 253
fruit quality, 257
functional properties, 13
fungi, 525

G
α-glucosidase inhibitors, 449
gamma irradiation, 501
gamma ray, 105
gas chromatography mass spectrophotometer (GC-MS), 45
genetic diversity, 357
germinated brown rice flour, 237
germination, 73, 449, 513
germination process, 441
gibberellic acid, 85
ginger, 301
ginger powder, 65
Gleb-Lum-Duan, 93
Globba, 353
glutinous rice, 521
glycerine, 369
goat fat, 517
golden needle, 593
Gotu Kola, 317
green tea, 233
growing media, 29, 31
growth, 117, 149
growth and seed yield, 537
growth rate, 113
guanine, 445
Gynura procumbens, 409

H
hanging drop technique, 385
harvest ages, 289
healthy fruit, 309
healthy snack, 241
heat treatment, 209
herbal extracts, 509
herbal plant extract soaps, 509
high temperature, 69
homozygosity, 257, 541
hot water treatment and chilling injury, 601
Hua-Khao-Yen, 46, 49
hybrid,173
hypoxanthine, 445

I
imbibition, 573
in vitro, 607
inbred line, 541
in-depth interview, 333
infrared drying, 97
inhibit, 73
instant germinated brown rice, 468
intermediate moisture product, 1
irradiation, 229
isolated protein, 13
isosteric heat of sorption, 185

J
jackfruit seed flour, 201
jasmine rice, 329
jelly pudding, 429
Jerusalem artichoke powder, 269
job's tear flour, 241

K
Kanchanaburi province, 285
kangkong, 297
Kanom Chan, 425
kaolin clay, 389
KDML105, 177
kinetic, 477
Kluai Khai, 113, 189, 545
knowledge dissemination, 153

L
lactic acid bacteria, 321
Lactobacillus plantarum, 245
Lactococcus lactis, 145
Lan Na traditional medicine, 561
Lasioderma serricorne (Fabricius), 105
lateral bud, 617
leaf explants, 381
learning, 153
leaves extract, 73

lecithin, 607
leech lime, 1
lettuce seed, 513
lipase inhibitor, 610
local intellect, 333
local plants, 603
local upland rice, 285
longkong, 313
Loog-pang, 225
low fat ice cream, 589
low sodium, 197
lowland and deeping water areas, 537
luo hang guay, 313

M
maize, 449
maize weevil, 25
mango, 325, 277
mango fruits cv. Nam Dok Mai No.4, 389
mango peel power, 405
mango seed kernel, 477
mangosteen, 209
mass transfer, 189
materials, 581
mean germination time, 85
medicinal plant, 561
methane, 373, 577
methanol, 349, 369
methoxyl, 433
miang, 597
microbiological, 229
microwave heating, 89
Mitrephora, 173
modified atmosphere packaging, 497
modified banana flour, 217
modified polypropylene film, 193
moisture, 97
molasses, 225
moringa leave powder, 197
mouthwash, 477
mud crab shell, 553
muffin, 237
multienzyme complex, 169
multiple regression, 33
multiple shoot, 617
mung bean, 57
mungbean meal, 457
Musa sp., 113
mushroom, 593
mutated KDML 105 line, 289

N
nano/micro-O2 bubbles, 513
Nata de coco, 429
Nicotiana tabacum L., 357
NIR, 281
noodle, 265, 325
nutrients, 345
nutritional quality, 209
nutritional value, 285

O
obesity, 603, 610
oil palm, 401
orange, 341
organic, 485
organic farming, 153
organogel, 607
Oryza sativa L., 177
osmosis, 1
osmosis process, 189
osmotic agent, 189
oyster mushroom, 97

P
package, 545
pandan, 17
Pandanus amaryllifolius, 413
parboiled rice, 489
participatory development planning, 493
participatory development process, 157
particle size, 181
pasting properties, 33
pectin, 433
peels, 433
phenolic compounds, 21, 309
phenolics, 133, 477
Phon Phisai soil series, 57

photosynthesis, 177
physical characteristics, 305
physical properties, 109
physical property, 97
physicochemical properties, 9, 213
plant defense mechanism, 365
plant extract, 25, 45
plant nutrient, 533
plant survival, 573
plastic bag, 109
platinum nanoparticles, 525
pollen, 385
pollen germination, 69
pollen viability, 69
poly (L-lactic acid), 497
polyphenol content, 317
polyphenol oxidase, 193
pomelo, 333
potassium nitrate, 85
potato, 89
potted plant, 29, 31
prawn crackers, 317
pregelatinized flour, 205, 425
processing papaya industry, 541
product development, 241
production costs, 377
production factor, 557
propagation, 77, 581
property of flour, 101
protein, 397
protein hydrolysate, 13, 129, 457
pruning, 261
puffability, 33
pummelo, 221
purchase, 53, 61
purine base, 445
purple sweet potato flour, 421

Q
qualities, 501
quality, 229, 341, 389, 521

R
radicle emergence, 513
radish seed, 525
RD6 glutinous rice, 33
rehydration ratio, 41
renewable energy, 373
repellent, 25
response surface methodology, 409, 457
rice, 13, 129
rice bran wax, 341
rice cracker, 329
rice farming, 493
rice flour, 425
rice grown method, 377
rice straw, 165, 169
rice variety, 537
Riceberry, 205
riceberry flour, 589
ripening stage, 337
Rohu fish, 329
root induction, 46, 49
roselle, 17

S
S. cerevisiae, 417
safety rice farmer group, 157
safety rice marketing, 157
salicylic acid, 297
salt stress, 177
San-pah-tawng, 377
Sarjor-caju mushroom, 593
scaling up, 153
SC-CO_2,37
screwed agitator, 577
seaweed *Ulva intestinalis* protein hydrolysate, 469
seed *in vitro* culture, 77
seed treatment, 485
seedling corn, 485
seedling vigor index, 573
selection, 257
sensory evaluation, 233, 453
shelf life, 501
shoot multiplication, 46, 49
Sinlek brown rice, 9, 181
snack food, 201
SNP, 401

soaking, 9, 489
social media, 249
sodium metabisulfite, 41
soil element, 529
soil fertility, 529, 569
soil-base media, 29, 31
sold sugarcane, 53, 61
solubility, 185
solvent extraction, 293
sour leaves, 603
soy yoghurt, 245
Spirogyra sp., 349
spray dryer, 469, 473
spray drying, 21
sprouted legumes, 305
SSCP, 401
SSR Markers, 357
stabilizers, 217
staining, 385
starter culture, 321
steaming, 489
stevia, 5, 121
stevia syrup, 5, 121
steviol glycoside, 5, 121
stevioside, 5
storage, 453
storage life, 545
sugar analysis, 125
sugar factory, 53
sugarcane, 149
sugarcane cutting, 61
sugarcane production extension, 53
superheated steam drying, 301
suspension culture, 133
sustainable agriculture, 333
sweet pepper, 293, 610
sweet potato flour, 197
sweetened mashed product, 101
swelling power, 185

T
Tambon Administrative Organization (TAO), 493
tannins, 81
tea, 221
tea beverage, 313
temperature, 468
temperature distribution, 89
Thai plants sweeteners, 125
thermophilic anaerobic bacterium, 165
thermophilic bacterium, 161
thermotolerant yeast, 225
Thummang *Listea* sp., 37
tillering, 149
tissue culture, 617
tobacco, 357
tobacco beetle, 105
total phenolic content, 117, 141, 213, 221, 293
total phenolics, 81, 585
transesterification, 349, 361, 369, 517, 553

U
Ulva intestinalis, 461
urea fertilizer, 149

V
vacuum frying, 505
vanillin, 281
varied temperature, 437
viability, 485
vinegar beverage, 417
viscosity, 9
vitamin C, 21, 81, 141
Vitis vinifera, 133
volatile compound, 13, 453

W
water absorption index, 137
water extracts, 437, 585
water solubility index, 137
water vapor transmission rate, 613
weight partition, 533
wheat (*Triticum* spp.), 557
wheat, 269
wheat flour, 93, 269, 421
whey protein isolate hydrolysates, 393
wild betel, 45

X

xanthine, 445
xylan, 161
xylanolytic enzymes, 165

Y

yeast, 253
yield, 297
yield components, 57, 289

Z

Zea mays L. cv. PA271, 193

วารสาร ISSN 0125-0369

วิทยาศาสตร์เกษตร

AGRICULTURAL SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 44 ฉบับที่ 2 (พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม 2556 Vol.44 No.2 (Suppl.) May-August 2013

การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 7

1 ผลของสารละลายออสโมติกต่อการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลมะกรูดกึ่งแห้ง
สิริมา ชินสาร อังคณา เปลี่ยนศรี และ ปิยรัฐ มโนมัยหทัยทิพย์

5 การสกัดสารให้ความหวานชนิดไซรัปจากหญ้าหวานด้วยเอนไซม์
วทันยา ลิมปพยอม ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

9 ผลของอุณหภูมิและเวลาการแช่ต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวกล้องสินเหล็ก
รัชนีวรรณ สะอาดศรีวีรเดช สุภัทร์ ไชยกุล และ ฉัตรภา หัตถโกศล

13 การประเมินเชิงเปรียบเทียบสมบัติเชิงหน้าที่และสารหอมระเหยของโปรตีนไฮโดรไลเซท จากแป้งข้าวและโปรตีนข้าวไอโซเลต
ภัทราวรรณ มหาสิงห์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

17 คุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นแป้งเกี๊ยวซ่าผสมสีธรรมชาติ
อุบลพันธ์ รอดสุวรรณ อุษราพรรณ พิธานธนกุล พรจิตรา จันทร์เจริญ และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์

21 การเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์ด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย
ศรัณย์ ลาภนิธิพร ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

25 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 10 ชนิด ในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพด
กันยารัตน์ มาแย้ม อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

29 การนำใยหินมาใช้ซ้ำในดินผสมสำหรับปลูกไม้กระถาง
ภาสันต์ ศารทูลทัต ญานี พานทอง ศุภธิดา อับดุลลากาซิม และ ธีร์ หะวานนท์

33 ความสัมพันธ์ระหว่างความพองและสมบัติด้านความหนืดของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6
เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์

37 องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่ผ่านการลดความฝาดที่สกัดด้วย SC-CO_2
นลินี พูลพิพัฒน์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

41 ผลของการเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิการอบแห้งต่อคุณภาพของหน่อไม้แห้ง
Dini Queentasari ณัฐวุฒิ ดอนลาว ภูวนาท ฟักเกตุ และ Adil Basuki Ahza

45 การวิเคราะห์สารสำคัญจากพืชวงศ์ Piperaceae สำหรับนำมาใช้ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด
กันยารัตน์ มาแย้ม อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

49 ผลของออกซินต่อการเพิ่มจานวนยอดและชักนำให้เกิดรากของหัวข้าวเย็น (*Dioscorea birmanica* Prain&Burkill) ในสภาพปลอดเชื้อ
อรอุมา สองศรี เยาวพา จิระเกียรติกุล ภาณุมาศ ฤทธิไชย และ อรุณพร อิฐรัตน์

53 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานน้ำตาล ของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยอำเภอห้วยเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์
ปิยะเนตร เนตรคุณ และ ยศ บริสุทธิ์

57 การเปรียบเทียบพันธุ์เพื่อประเมินผลผลิตของถั่วเขียวภายใต้ชุดดินโพนพิสัย
สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ มินตรา เลิศจิรธัญวัฒน์ และ ประมง เบกไธสง

61 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยวิธีการเผาก่อนตัดของเกษตรกรอำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
เชิดชู คงอ่อน และ ยศ บริสุทธิ์

65 ผลของการเติมใบบัวบกผงและขิงผงต่อคุณภาพของซุปก้อนปรุงรส
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์

69 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความมีชีวิต และความงอกของละอองเกสรในมะพร้าวน้ำหอม
ภูมิ ทองเนื้อห้า กฤษณา กฤษณพุกต์ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ และ ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ

73 ผลของสารสกัดจากใบของหยีน้ำ (*Millettia pinnata* (L.) Panigrahi) ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าของพืชบางชนิด
ขวัญกมล ทวายตาคำ สรัญญา วัชโรทัย และ ณัฏฐา เสนีวาส

77 ผลของปัจจัยแสงต่อการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนเมล็ดพลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) ในวุ้นอาหารสังเคราะห์
เอฏฐวรรณ ชมชื่น และ ปกขวัญ หุตางกูร

81 กระบวนการลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์
ศรัณย์ ลาภนิธิพร ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

85 การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มะตาด (*Dillenia indica* L.) ด้วย น้ำ GA_3 และ KNO_3
พิจิตรา แก้วสอน สุรศักดิ์ เกษมสิริสวัสดิ์ ปริยานุช จุลกะ และ จำนอง โสมกุล

89 ผลของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟต่อการกระจายของอุณหภูมิภายในมันฝรั่ง
คณวัฒน์ เสนแก้ว ดามร บัณฑุรัตน์ วิบูลย์ ช่างเรือ และ พิชญา บุญประสม พูลลาภ

93 การศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวน
นันท์ชนก นันทะไชย สุกัญญา มะหะหมัด และ ขนิษฐา จงสุขกลาง

97 ผลของการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของเห็ดนางฟ้าภูฐานในระหว่างการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด
อภินันท์ วัลภา และ โศรดา วัลภา

101 สมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงและการประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบใน ผลิตภัณฑ์ขนมกวน
สิริมา ชินสาร และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล

105 ผลของการฉายลำอิเล็กตรอนและรังสีแกมมาต่อการเจริญเติบโตและการสร้างเม็ดสีของมอดยาสูบ, *Lasioderma serricorne* (Fabricius)
ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ วณิช ลิ่มโอภาสมณี ทศพล แทนรินทร์ และ เขมรุจิ เข็มทอง

109 คุณภาพของตังกุยสดในบรรจุภัณฑ์พลาสติกและการยอมรับของผู้บริโภค
บุษกร ประดิษฐนิยกูล วิสะนี เหนือเมฆิน สักขี แสนสุภา ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป และ สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง

113 อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยไข่เกษตรศาสตร์ 2 ที่มีขนาดต้นและวิธีการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน
กัลยาณี สุวิทวัส ภาสันต์ ศารทูลทัต พินิจ กรินท์ธัญญกิจ พิมพ์นิภา เพ็งช่าง เรืองศักดิ์ กมขุนทด และ ขวัญหทัย ทนงจิตร

117 การเจริญเติบโตของหัวข้าวเย็น (*Dioscorea birmanica* Prain & Burkill) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆ
ปิยาภัทร์ เข็มวิชัย ภาณุมาศ ฤทธิไชย เยาวพา จิระเกียรติกุล และ อรุณพร อิฐรัตน์

121 การสกัดและองค์ประกอบทางกายภาพ-เคมีของสตีเวียไซรัป
วทันยา ลิมปพยอม ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

125 ศึกษาความเป็นไปได้ของพืชไทยในการใช้เป็นสารให้ความหวาน
กีระติ ธรรมพันธ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

129 สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนข้าวไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน
ภัทราวรรณ มหาสิงห์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

133 อิทธิพลของโพแทสเซียมไนเตรตต่อการสังเคราะห์ฟีนอลิคและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเซลล์แขวนลอยองุ่น
นภาภรณ์ แซ่ลี้ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

137 อิทธิผลของขุยมะพร้าว เปลือกไข่ และกากโปรตีนทานตะวันต่อสมบัติของโฟมแป้งมันสำปะหลัง
ณัติฐพล ไข่แสงศรี อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ ณัฐธิรา สุขบูรณ์

141 ศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงหิมพานต์
รัชฎาภรณ์ คะประสบ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

145 สมบัติต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวกล้องหมักด้วยแลคติกแอซิดแบคทีเรีย
อรพรรณ เสลามาศสกุล ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

149 ผลของอัตราการใส่ปุ๋ยยูเรียต่อการเจริญเติบโตของอ้อยพันธุ์ K88-92
อรรจนา ด้วงแพง จักรกฤษณ์ ศรีเคน และ ศิรินทร์ จันทะโพธิ์

153 แนวทางการขยายผลการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรหมู่บ้านโพธิ์ทองเจริญ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่
ธิดารัตน์ ไชยมงคล และ บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล

157 กระบวนการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยแบบมีส่วนร่วมของกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่
ปัญจาพาณ์ ชลสงคราม อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล และ วีระพงษ์ แสง – ชูโต

161 การคัดแยกและคัดเลือกแบคทีเรียทนอุณหภูมิสูงลักษณะเฉพาะที่ผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์
เกษรา เพิ่มสุข ภัทรา ผาสอน รัตติยา แววนุกุล อะกิฮิโกะ โคสึกิ กนก รัตนะกนกชัย และ จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ

165 การคัดแยกแบคทีเรียชนิดชอบร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญที่มีความสามารถสูงในการย่อยฟางข้าว
ปรารถนา เกตุบท รัตติยา แววนุกูล จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ ภัทรา ผาสอน อะกิฮิโกะ โคสึกิ และ กนก รัตนะกนกชัย

169 การปรับสภาพฟางข้าวด้วยด่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายด้วยเอนไซม์
พิชญ์สินี วีระไวทยะ กนก รัตนะกนกชัย รัตติยา แววนุกูล จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ อากิฮิโกะ โคซูกิ และ ภัทรา ผาสอน

173 พรรณไม้ลูกผสมข้ามชนิดในสกุลมหาพรหมวงศ์กระดังงา
อนันต์ พิริยะภัทรกิจ ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์ ปิยะ เฉลิมกลิ่น และธานี ศรีวงศ์ชัย

177 การตอบสนองต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของข้าวจากประชากร CSSL ในภาวะเครียดที่เกิดจากความเค็ม
พนิตา ชุติมานุกูล ศุภจิตรา ชัชวาลย์ ธีรพงษ์ บัวบูชา มีชัย เซี่ยงหลิว ธีรยุทธ ตู้จินดา อัญชลี ใจดี และ บุญธิดา โฆษิตทรัพย์

181 ผลของขนาดอนุภาคแป้งข้าวกล้องสินเหล็กทดแทนแป้งสาลีบางส่วนต่อคุณภาพบิสกิต
ขนิษฐา วงศ์ลาว วรางคณา ศรีจำนงค์ ฉัตรภา หัตถโกศล อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล

185 ไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำของแป้งกล้วย
เอกราช สิงห์ประสาท ณัฐวุฒิ ดอนลาว และ ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล

189 ผลของโอลิโกฟรุคโตส ซูโครส และโซเดียมคลอไรด์ต่อการถ่ายเทมวลในกระบวนการออสโมซิสกล้วยไข่
สุภาพรรณ คงสมเพ็ชร และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล

193 การใช้ฟิล์มพอลิพรอพิลีนดัดแปรเพื่อรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวโพดฝักอ่อน *Zea mays* L. พันธุ์ PA271
ปริยกร เพ็ชรรัตน์ รัตนวรรณ มกรพันธุ์ และ กนกวรรณ เสรีภาพ

197 การพัฒนาสูตรซุปเพื่อสุขภาพกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้งที่มีโซเดียมต่ำจากแป้งมันเทศผสมใบมะรุมผง
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล

201 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดอบพองจากแป้งเมล็ดขนุน
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ รุจิราภัตน์ โดยคำดี และ สุวลี จันทร์ชลอ

205 ผลของการเอกซ์ทรูชันต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์
ปัจจยา ตันติวีรสุต ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ ฉัตรภา หัตถโกศล และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล

209 คุณภาพทางโภชนาการของมังคุดหลังจากการให้ความร้อนหลังการเก็บเกี่ยว
เสาวนีย์ ตรึกตรอง สุปราณี มนูรักษ์ชินากร และ วาริช ศรีละออง

213 การศึกษาเปรียบเทียบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย
กุหลาบ สิทธิสวนจิก ขวัญชัย ศรีรักษา

217 ผลของแป้งกล้วยดัดแปรและสารให้ความคงตัวทางการค้าต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมสด
นวพร หงส์พันธุ์ และจันทรสุดา อดุลยศักดิ์สกุล

221 ผลของกระบวนการผลิตต่อการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของชาเปลือกส้มโอ
นันท์ชนก นันทะไชย ศศา มนต์นามอญ และคณาภรณ์ ปะนาเต

225 การศึกษาความสามารถในการเจริญและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลด้วยยีสต์ทนร้อน
ปริญญพันธุ์ เพชรจรัส และ เมทินี วสุนทราวัฒน์

229 ผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของอบเชย (*Cinnamomum zeylanicum*)
จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ วชิราภรณ์ ผิวล่อง สุรศักดิ์ สัจจบุตร และ ศิริลักษณ์ สิงห์เพชร

233 การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวหมู่บ้านนาจอก
ภัทราวดี ศรีปัญญา กาญจนา สุริยนต์ สิรินาฏ เนติศรี และ นิภาพร เมษา

237 ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกต่อคุณภาพของมัฟฟิน
อภิญญา เจริญกูล

241 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือย
สุกัญญา อ้อนประเสริฐ ณัฐกานต์ รัตนวารินทร์ชัย วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ สิริมา ชินสาร

245 ผลของกากใยส้มต่อคุณภาพและการรอดชีวิตของ *Lactobacillus plantarum* ในโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง
ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์

249 ความคิดเห็นของการเลือกสื่อเครือข่ายสังคมที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ร่วมกันของนิสิตปริญญาตรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ณัฐ สมณคุปต์ สุภาภรณ์ เลิศศิริ

253 การศึกษาเปรียบเทียบยีสต์ 3 ชนิดในอาหารตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้ภาคพื้นตะวันออก *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ วณิช ลิ่มโอภาสมณี และทศพล แทนนรินทร์

257 การเจริญเติบโตและคุณภาพผลของมะละกอแขกดำ 7 สายพันธุ์

กฤษณี เอี่ยมจัด สุพรพรรณ ศรีมาศ สิริกุล วะสี พีรพงษ์ แสงวนางค์กูล และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์

261 ผลของการตัดแต่งกิ่งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเปราะพันธุ์เพชรน้ำหยด

ธนา จำนงค์ศาสตร์ นิราภร แซ่ย่าง และ กฤษณา บุญศิริ

265 ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งถั่วหรั่งต่อคุณภาพของบะหมี่

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์

269 การพัฒนาบะหมี่สดโดยการเติมผงแก่นตะวัน

ดวงใจ มาลัย ชุติมณฑน์ ชัยชวลิต สุพรรษา จันทร์เพ็ญ และ สุชานุช ไหมละเอียด

273 ผลของการใช้แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย

ผาณิต รุจิรพิสิฐ และ วิชชุดา สังข์แก้ว

277 การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางชีวเคมีของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสจากมะม่วงน้ำดอกไม้และมะม่วงอกร่อง

พรชัย เหลืองบริสุทธิ์ ภัชรี สิทธิกิจโยธิน รัชนี ไสยประจง และ สุรพงษ์ พินิจกลาง

281 การตรวจสอบปริมาณสารวานิลลินในฝักวานิลลาบ่มอย่างไม่ทำลายด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

พีรณัฐ ทวีชลพิสิฐ วรรณพร พงษ์อภัย รณฤทธิ์ ฤทธิรณ เฉลิมชัย วงษ์อารี ธิติมา วงษ์ชีรี และ กานดา เลิศลดาลักษณ์

285 ความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองในจังหวัดกาญจนบุรี โดยคุณค่าทางโภชนาการ

ชลธิรา แสงศิริ อังค์วรา จิระมงคล บุรินทร์ แสงสุข ธีรยุทธ ดลเอี่ยม และ ธนพร ขจรผล

289 ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและองค์ประกอบผลผลิตของสายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กลายพันธุ์ 5 สายพันธุ์

วุฒิชัย แตงทอง และบุญหงษ์ จงคิด

293 การหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพริกหวาน โดยใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วแตกต่างกัน

กัณฐมณี ทู้ไพเราะ กัลยารัตน์ เครือวัลย์ วรางคณา ศรีจำนงค์ สมศรี เจริญเกียรติกุล และอุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์

297 ผลของการ Priming และการฉีดพ่น Salicylic Acid ทางใบ ต่อผลผลิตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatic* Forsk.)

ชานนท์ มณีรัตน์ ภาณุมาศ ฤทธิไชย เยาวพา จิระเกียรติกุล และ นภาพร ยังวิเศษ

301 ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของขิงแห้ง

ยาตรา ยมสูงเนิน เยาวภา ไหวพริบ ชนิกานต์ สกุลแถว รังสิมา สูตรอนันต์ และ อนันต์ ทองทา

305 ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีบางประการของถั่วงอกชนิดต่างๆ
ชื่นจิต แก้วกัญญา จุฑามาศ แสงรัมย์ และ อริสรา โพธิ์สนาม

309 คุณภาพผลและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในองุ่นพันธุ์ 'Harmony'
เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ และ ดรุณี ถาวรเจริญ

313 การผลิตเครื่องดื่มชาชงจากเปลือกลองกองผสมหล่อฮั้งก้วย
อินทิรา ลิจันทร์พร กมลชนก เล็กมณี และ บุศรา บึงสว่าง

317 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกของข้าวเกรียบกุ้งเสริมผงใบบัวบก
อินทิรา ลิจันทร์พร ศัลธยา อาจณรงค์ ชฎาพร สาฤทธิ์ดี และ วันดี จันหอม

321 ผลของแบคทีเรียกรดแลคติกต่อคุณภาพของการหมักผักกาดเขียวปลี
ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ วัลย์ลิกา สมบัติมี และ กฤติกา ศรีแดน

325 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นบะหมี่จากผงมะม่วง
นันท์ชนก นันทะไชย ธันวา ว่องไว และ อรสิริ กระแสร์สินธุ์

329 ผลของข้าวเจ้าหอมมะลิที่มีต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบไส้ปลาน้ำพริกเผา
จิตติมณฑน์ วงศ์ษา สมบูรณ์ศักดิ์ ศิลาเปรื่อง รพีพร เอี่ยมสะอาด และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์

333 การจัดการสวนส้มโออย่างยั่งยืนจากหลักฐานเชิงประจักษ์ของครูภูมิปัญญาไทย นายสมทรง แสงตะวัน
สาวิตรี รังสิภัทร์

337 อิทธิพลของระยะเวลาสุกต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่
วชิราภรณ์ ผิวล่อง สุรศักดิ์ สัจจบุตร ศิริลักษณ์ สิงห์เพชรและ จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ

341 การประยุกต์ใช้ไขรำข้าวในการเคลือบผิวส้มเขียวหวาน
วาริช ศรีละออง ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ และ กรณ์กนก อายุสุข

345 การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพแต่ละสูตรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกขี้หนู (*Capsicum frutescens* L.)
ชลธิรา แสงศิริ เปมิกา พรหมแก้ว เมธี วิบูลย์เขียว และ ธนพร ขจรผล

349 การศึกษาการสกัดน้ำมันจากสาหร่าย *Spirogyra* sp. ผลิตเป็นไบโอดีเซลเพื่อเป็นพลังงานทดแทน
ศิวคุปต์ ธัญญเจริญ รัตนชัย ไพรินทร์ และ ทรงพล ชื่นคา

353 ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชสกุลหงส์เหิน 45 ตัวอย่างโดยเทคนิค AFLP
ปิติมา พุ่มพวง และ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์

357 ความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์ยาสูบโดยเทคนิคโมเลกุลเครื่องหมายเอส เอส อาร์
เศรษฐา ศิริพินทุ์ และ ภาวิน อิทธิรส

361 การผลิตไบโอดีเซลจากเปลือกทิวมะพร้าว โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO จากเปลือกหอยแครง
ศิริวัฒนา หัทสนธ์ รัตนชัย ไพรินทร์ และ คณิต กฤษณังกูร

365 การโคลนและการวิเคราะห์ลำดับเบสของยีน Chitinase และ β-1,3-Glucanase ในพริก
เยาวภา บุญเอก มัณฑนา บัวหนอง กุลนาถ อบสุวรรณ เฉลิมชัย วงษ์อารีย์ และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์

369 การศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นกลีเซอรีนโดยใช้เปลือกไข่และเปลือกหอยเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
รัฐพงศ์ พูนเพ็ชร รัตนชัย ไพรินทร์ และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ

373 ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากนมหมดอายุ
บุญสม จิตโสภณปัญญา รัตนชัย ไพรินทร์ และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ

377 ผลของวิธีการปลูกต่อผลผลิตและต้นทุนการผลิตข้าวอย่างมีส่วนร่วมของชุมชน
ชินกฤต สุวรรณคีรี สิทธิชัย ลอดแก้ว นพดล สันยาย และ วินัย สายไฮคำ

381 การเลี้ยงชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารในวุ้นอาหารสังเคราะห์
รวิพรรณ วัฒนชลทิศ จิรนันท์ วงศ์จิราษฎร์ ปกขวัญ หุตางกูร และ อุทร ชิขุนทด

385 ผลของชนิดช่อดอกต่อความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรและการติดผลของส้มโอพันธุ์ ‘ทองดี’ ในช่วงการผลิตในฤดูกาล
ดรุณี ถาวรเจริญ พงษ์นาถ นาถวรานันต์ และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์

389 ผลของดินขาว Kaolin ต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4
ชลิดา ชลไมตรี อรพิน เกิดชูชื่น ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ เฉลิมชัย วงษ์อารี และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ

393 การตรวจวัดปริมาณแอคติวิตีสารลดความความดันโลหิตและสารต้านอนุมูลอิสระของไบโอแอคทีฟเพปไทด์จากเวย์โปรตีนไอโซเลทไฮโดรไลเซท
สุรพงษ์ พินิจกลาง และ รัชนี ไสยประจง

397 การดัดแปรโปรตีนมะพร้าวด้วยเอนไซม์ I: สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และผลต่อการละลายโดยเปลี่ยนแปลง pH ของโปรตีนดัดแปร
สมฤดี ไทพาณิชย์ และ ปราณี อ่านเปรื่อง

401 การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อตรวจสอบลักษณะทนแล้งในปาล์มน้ำมัน
มณีรัตน์ ส่งเกษรชาติ พจมาลย์ สุรนิลพงศ์ และ สุวิทย์ วุฒิสุทธิเมธาวี

405 ผลของการเสริมผงเปลือกมะม่วงต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในคุกกี้
อินทิรา ลิจันทร์พร อาภรณ์ สาระจันทร์ ภุมรินทร์ ขันสัมฤทธิ์ และ ผกาวรรณ วงศ์นิกร

409 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของใบแปะตำปึงโดยวิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว
ไตรวุฒิ พันธุ์โยธา นัฐพล ตั้งสุภูมิ ชลัท ศานติวรางคณา และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์

413 การศึกษาสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลิเนสเทอเรสจากสารสกัดใบเตย
ณัฐพล ทัศนสุวรรณ เชาวนี ชูพีรัชน์ วันทนีย์ เกรียงสินยศ และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์

417 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหนามแดง
อุมาพร ทาไธสง เสาวภา ทรัพย์ประสาท และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล

421 ผลของการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่มีต่อคุณลักษณะของขนมปัง
วิมล วรรณุวาศ ณัฏฐา คงโนนกอก และ อโนชา สุขสมบูรณ์

425 ผลของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ต่อคุณภาพของขนมชั้น
ปณิดา คนหมั่น วรธร ศรีธูป และ อโนชา สุขสมบูรณ์

429 การผลิตเต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าวเพื่อสุขภาพและการยอมรับของผู้บริโภค
เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์

433 การสกัดเพคตินจากเปลือกผัก และผลไม้
ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล ปฏิมา ทองขวัญ และ ศิริลักษณ์ สรงพรมทิพย์

437 ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่
สุญาณี มงคลตรีรัตน์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

441 สารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องสีงอก
พัชราภรณ์ รัตนธรรม ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

445 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน และพิวรีนเบสในข้าวกล้องสีงอก
พัชราภรณ์ รัตนธรรม ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

449 คุณสมบัติการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากข้าวโพดสำหรับผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2
ภัสจนันท์ หิรัญ อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ สุชาดา สุขหร่อง

453 สารหอมระเหยและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของทุเรียนตัดแต่งสด พันธุ์หมอนทองในระหว่างการเก็บรักษา
อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

457 การหาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทกากถั่วเขียวด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง
ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น

461 การสกัดพอลิแซคคาไรด์จากสาหร่ายไส้ไก่ด้วยกรดและสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ
นภัสสร เพียสุระ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

465 อิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้งต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสาเร็จรูปด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบด
เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ และ เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง

469 การเอนแคปซูเลชั่นสารปรุงแต่งกลิ่นรสปูจากโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่
รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

473 การเอนแคปซูเลชั่นสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย
กฤษณา หงษ์คู ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น

477 จลนศาสตร์การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกของน้ำยาบ้วนปากจากสารสกัดเมล็ดมะม่วง
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล

481 ประสิทธิภาพของฟิล์มประกอบต่อคุณภาพของแอปเปิลตัดแต่งสด
ขนิดา ญานถวิล อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

485 สารอินทรีย์คลุกเมล็ดพันธุ์ต่อความมีชีวิต และความแข็งแรงของต้นอ่อนข้าวโพด
สุปราณี งามประสิทธิ์ กิ่งกานท์ พานิชนอก ณรงค์ชัย บุญศรี นพพงศ์ จุลจอหอ สกล ฉายศรี ยุวดี อินจันทร์ วราภรณ์ วงศ์พิลา และ ปวีณา ทองเหลือง

489 สภาวะในการแช่และการนึ่งต่อสีข้าวนึ่งพันธุ์ กข 41
นิภาดา ราญมีชัย พนิดา บุญฤทธิ์ธงชัย อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

493 แนวทางการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยชุมชนท้องถิ่น : ตำบลเพ็ญ อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี
กาญยานี โพนเบ้า และ ยศ บริสุทธิ์

497 ผลของการประยุกต์ใช้พอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรนในการบรรจุเห็ดแชมปิญองแบบดัดแปลงบรรยากาศ
นนทพัท ศรีสวัสดิ์ ดำรงพล คำแหงวงศ์ อรวรรณ สุวรรณทอง และ ภูวนาท ฟักเกตุ

501 การฉายรังสีแกมมาข้าวหุงสุก
พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์ อริศรา ศิรประกาศิต และ อารักษ์ วิทิตธีรานนท์

505 การใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองตัดแต่งก่อนนำไปทอดแบบสุญญากาศ
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ นิพร เดชสุข สิรินันท์ พึ่งพา ศุภกร ทิมหอม และ นฤมล สืบสายสิงห์

509 การพัฒนาสบู่สมุนไพรใสกลีเซอรีนผสมสารสกัดสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคบริเวณผิวหนัง
สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก

513 การคลายการพักตัวเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมด้วย Nano/Micro-bubbles
ชาลิณี สังขจร วชิราพรรณ มุสิกา วชิราภรณ์ มุสิกา วิศณีย์ โพธิ์หล้า ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ จาณุลักษณ์ ขนบดี และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

517 การผลิตไบโอดีเซลจากไขแพะโดยใช้ตัวทำละลายร่วม
สุรัญ ชินพัฒนวานิช รัตนชัย ไพรินทร์ และ ศิริชัย เทพา

521 การทดสอบคุณภาพข้าวเหนียวนึ่งที่แช่ด้วยสารส้ม
วชิราพรรณ มุสิกา วชิราภรณ์ มุสิกา และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

525 การยับยั้งการเจริญเติบโตเชื้อราด้วย Chitosan-derivatives และนาโนแพลทินัม
ชณิตรา โพธิคเวชฐ์ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

529 ธาตุอาหารในดินและพืชของมะพร้าวน้ำหอมใน อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี
ภาสันต์ ศารทูลทัต โสฬส ธรรมรัตน์ ภัชชา เทศใจธรรม บุษราภรณ์ พรมประดิษ ลพ ภวภูตานนท์ และ ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต

533 สัดส่วนชีวมวลและธาตุอาหารพืชในผลผลิตมะพร้าวน้ำหอม
ภาสันต์ ศารทูลทัต โสฬส ธรรมรัตน์ เมทินี ชูเรือง ศลิตา พลไชย และลพ ภวภูตานนท์

537 การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในนาลุ่มและนาน้ำลึก
ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ วิษณุ ทรัพย์กร

541 ลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นและคุณภาพผลของประชากรผสมเปิดในมะละกอพันธุ์ ‘แก้มแหม่ม’
สุพรพรรณ ศรีมาศ กฤษณี เอี่ยมจัด สิริกุล วะสี พีรพงษ์ แสงวนางค์กูล และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์

545 การเปรียบเทียบวิธีการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยไข่ในถุงพลาสติกแบบต่างๆ เพื่อการส่งออก
เฉลิมชัย วงษ์อารี ชวนพิศ จิระพงษ์ กาญจนา วรราษฎร์ และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย

549 ผลของอุณหภูมิสูงต่อลักษณะปรากฏและปริมาณแคโรทีนอยด์ของพริก
วิศณีย์ โพธิ์หล้า และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

553 การเปรียบเทียบการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO จากเปลือกหอยแครง และเปลือกปูทะเล ในการผลิตไบโอดีเซล
ศิริวัฒนา หัทสนธ์ รัตนชัย ไพรินทร์ และ คณิต กฤษณังกูร

557 ผลของการใช้น้ำสกัดชีวภาพเป็นปัจจัยการผลิตต่อข้าวสาลีสายพันธุ์ฝาง 60
ชินกฤต สุวรรณคีรี และนิตยา บุญทิม

561 การตอบสนองต่อปุ๋ยของพืชผักสมุนไพรที่ใช้ในตำรับยาล้านนา : ผักเชียงดา
นิตยา บุญทิม ถกลวรรณ ศิริสวัสดิ์ พรรณเพ็ญ เครือไทย และ ชินกฤต สุวรรณคีรี

565 สูตรอาหารทางเลือกเพื่อลดขั้นตอนและค่าใช้จ่ายสาหรับเพาะเมล็ดกล้วยไม้สกุลหวายในสภาพปลอดเชื้อ
กุลนาถ อบสุวรรณ และ สุนทรี ทารพันธ์

569 การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อการปลูกพืชส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรพื้นที่คีรีวงกต อำเภอนายูง จังหวัดอุดรธานี
พรรณศมณฑ์ กอประเสริฐถาวร อรรจนา ด้วงแพง และ ศิรินทร์ จันทะโพธิ์

573 ผลของน้ำควันไม้ต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง
เจนจิรา ชุมภูคำ วีริศ ศุภทัศนา และ พิจิตรา แก้วสอน

577 การออกแบบถังหมักเพื่อเพิ่มอัตราการผลิตแก๊สมีเทน
ทศพล ศรัทธานนท์ รัตนชัย ไพรินทร์ และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ

581 การเปรียบเทียบการปักชำว่านสี่ทิศในวัสดุที่แตกต่างกัน
ชาญณรงค์ แสงผา ปรีชา สายเพชร ประเสริฐ บุญพิทักษ์กิจ และ กัลยา มิขะมา

585 ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่
สุญาณี มงคลตรีรัตน์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

589 อิทธิพลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำ
นรินทร์ภพ ช่วยการ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ ฉัตรภา หัตถโกศล
และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล

593 ลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาผสมเห็ด
คณิตนันท์ เอซัน จุฑามาศ ศิลปภักดี ไอริณ เจริญสุข และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์

597 ปริมาณสาร Caffeine และ Catechins ในเมี่ยงจากแหล่งผลิตหลักของประเทศไทย
สายลม สัมพันธ์เวชโสภา พรทิพย์ สุมนพันธุ์ และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

601 ผลของน้ำร้อนต่อกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระในสับปะรดระหว่างการเก็บรักษา
Ugyen Dorji ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ เฉลิมชัย วงษ์อารี และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ

604 สมบัติต้านเอนไซม์ไลเปสจากผักใบเปรี้ยวพื้นบ้านของไทย
อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ และ กัลยารัตน์ เครือวัลย์

607 การพัฒนาเคอร์คูมินออกาโนเจลสาหรับทาผิว
เปรมชัย เอี่ยมศิรินพกุล

610 การศึกษาสมบัติต้านการทำงานของเอนไซม์ไลเปสจากสารสกัดพริกหวานด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน
พุทธชา สอนจันทร์ กัลยารัตน์ เครือวัลย์ วรางคณา ศรีจำนงค์ สมศรี เจริญเกียรติกุล และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์

613 สมบัติทางกล-กายภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมพอลิแซคคาไรด์ 3 ชนิด
จุฑาทิพย์ สินสวัสดิ์ อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์

617 อิทธิพลของสาร Benzyladenine และ Thidiazuron ต่อการชักนำยอดรวมของต้นปูเล่
สิริพร สนสารี และ พจมาลย์ สุรนิลพงศ์

620 ดัชนีชื่อผู้แต่ง

625 ดัชนีคำสำคัญ

the 1st International Conference on Research and Development of Tropical and Sub-tropical Crops

639 Performance of PSII Efficiency and Growth Response to Salt Stress in Three Rice Varieties Differing in Salt Tolerance
Anoma Dongsansuk, Watanachai Lontom, Sadudee Wannapat and Piyada Theerakulpisut

648 Effects of Bio-charcoal and Organic Fertilizer on the Growth of Mini Chinese Kale
Mai Vu Thi, Pariyanuj Chulaka, Supot Kasem and Pichittra Kaewsorn

657 Potent Bioactive Compounds from *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 for Control of Plant Pathogens
Pattharaporn Saengthong, Saengchai Akepratumchai, Sansanalak Rachdawong, Phenjun Mekvichitsaeng and Taweerat Vichitsoonthonkul

663 Fumigation with Ozone to Extend the Storage Life of Mango Fruit cv Nam Dok Mai No. 4
Linh Tran, Sukanya Aimla-or, Varit Srilaong, Phongphen Jitareerat, Chalermchai Wongs-Aree and Apiradee Uthairatanakij

673 Water for bio-energy in Thailand
Tomohiro Okadera and Jaruwan Chontanawat

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับพิเศษนี้ สมาคมวิทยาศาสตร์เกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยและงานวิชาการเกษตรสู่สาธารณะ ประกอบด้วยเรื่องเต็มจากการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 7 ขึ้น ระหว่างวันที่ 1-2 สิงหาคม 2556 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิทยาเขตบางมด) กรุงเทพมหานคร ซึ่งดำเนินการโดยโครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการวิทยาศาสตร์การอาหารและเกษตร และนักศึกษาได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในงานวิจัย ร่วมกับหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ซึ่งถือเป็นการสร้างความร่วมมือและขยายขอบเขตในการพัฒนางานวิจัยให้กว้างยิ่งขึ้น

สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ใคร่ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมประชุมและผู้มีส่วนร่วมในการประชุมทุกท่าน โดยเฉพาะคณะกรรมการการจัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 7 โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย และแหล่งทุนที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการจัดพิมพ์วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรฉบับนี้ และใคร่ขอเชิญชวน นักวิชาการ นักวิจัย และนักศึกษาผู้สนใจด้านการพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน สมัครเป็นสมาชิกสมาคมฯ และเสนอบทความฉบับเต็ม เพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรของสมาคมฯ ในโอกาสต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ ทวีชัย

บรรณาธิการ

คำนำ

ปัจจุบันงานวิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน เช่น ข้าว พืชไร่ ไม้ผล ผัก พืชสมุนไพร เครื่องเทศ ไม้ดอก และ ไม้ประดับ มีความสำคัญมากขึ้น เห็นได้จากการพัฒนาเทคโนโลยีทั้งในด้านการผลิต การเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยว และการแปรรูป การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยา ตั้งแต่ในระดับแปลงปลูกของเกษตรกร ระดับห้องปฏิบัติการ จนถึงในระดับอุตสาหกรรม โดยงานวิจัยต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษานั้น บางส่วนได้มีโอกาสนำมาเผยแพร่แก่นักวิจัย นักวิชาการ ตลอดจนผู้ประกอบการในภาคเอกชนที่มีความสนใจ ดังนั้นศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) ร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (มจพ.) และมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย จัดการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 7 ขึ้น ระหว่างวันที่ 1-2 สิงหาคม 2556 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิทยาเขตบางมด) กรุงเทพมหานคร เพื่อให้ อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และนักศึกษาได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในงานวิจัย ร่วมกับหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย เป็นการสร้างความร่วมมือและขยายขอบเขตในการพัฒนางานวิจัยให้กว้างยิ่งขึ้น

การประชุมประกอบด้วยการบรรยายและอภิปรายจากวิทยากรรับเชิญที่มีชื่อเสียงทั้งในและต่างประเทศ และยังมีการนำเสนอผลงานวิจัยทั้งแบบบรรยายและโปสเตอร์จากนักวิจัยรุ่นกลางและรุ่นใหม่ รวมถึงจากนิสิต-นักศึกษา ตลอดจนมีการมอบรางวัลการนำเสนอผลงานดีเด่นแก่นักวิจัยรุ่นเยาว์ เพื่อเป็นกำลังใจให้สร้างผลงานวิจัยที่มีคุณภาพต่อไป นอกจากนี้ผู้เข้าร่วมประชุมยังจะได้มีโอกาสได้ชมนิทรรศการเครื่องมือทันสมัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์การอาหารและการเกษตรจากบริษัทผู้แทนจำหน่าย และพบปะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้านงานวิจัย การสร้างเครือข่ายงานวิจัยวิทยาศาสตร์ด้านพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนของประเทศไทยให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

คณะกรรมการจัดการประชุม ขอขอบคุณผู้ที่เข้าร่วมการประชุมและเสนอผลงานทั้งภาคบรรยาย และ ภาคโปสเตอร์ วิทยากรบรรยายพิเศษ ตลอดจนแขกผู้มีเกียรติและผู้สนับสนุนทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมทำให้การประชุมวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีทุกประการ และได้ดำเนินการรวบรวมผลงานทางวิชาการทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ที่ผ่านการพิจารณาและแก้ไขจากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อนำไปเผยแพร่และนำไปใช้ประโยชน์กับนักวิจัย นักศึกษา และผู้สนใจ สำหรับการพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนของประเทศไทยต่อไป

คณะกรรมการจัดการประชุมฯ
www.crdc.kmutt.ac.th
crdc2011@kmutt.ac.th

ผลของสารละลายออสโมติกต่อการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลมะกรูดกึ่งแห้ง

Effect of Osmotic Solution on Mass Transfer and Quality of Intermediate Moisture Leech Lime Product

สิริมา ชินสาร[1] **อังคณา เปลี่ยนศรี**[1] **และ ปิยรัฐ มโนมัยหทัยทิพย์**[1]

Chinnasarn, S.[1], Pleansri, A.[1] and Manomaihataitip, P.[1]

Abstract

This research was to study the effect of osmotic solution on mass transfer during osmosis dehydration of leech lime fruit. Three osmotic solutions, 65% sucrose solution, 65% glycerol solution and 32.5% sucrose combined with 32.5% glycerol solution (w/v), were used. After osmosis process at 50°C for 240 min, the highest water loss and weight reduction were obtained from the leech lime soaked in 32.5% sucrose combined with 32.5% glycerol solution. The appropriated soaking time for all 3 osmotic solutions was 180 min. Then, effect of osmotic solution on quality of intermediate moisture leech lime product was investigated. The leech lime which soaked in the 3 osmotic solutions was dried at 60°C until its moisture content decreased to 30%. Results revealed that the leech lime which soaked in 32.5% sucrose combined with 32.5% glycerol solution had the best quality. The product obtained the liking score in term of overall liking at the level of moderately like (7.30). It had a_w and firmness at 0.65 and 127.97 N, respectively. And the color values in term of L*, a* and b* were 53.61, 0.86 and 24.94, respectively.

Keywords: osmosis, leech lime, intermediate moisture product

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของสารละลายออสโมติกต่อค่าการถ่ายเทมวลสารระหว่างการออสโมซิสผลมะกรูด โดยใช้สารละลายออสโมติก 3 ชนิด คือ สารละลายซูโครส 65 เปอร์เซ็นต์ สารละลายกลีเซอรอล 65 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายซูโครส 32.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับสารละลายกลีเซอรอล 32.5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ภายหลังการออสโมซิสผลมะกรูดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาที พบว่า มะกรูดที่ผ่านการแช่ในสารละลายซูโครส 32.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับสารละลายกลีเซอรอล 32.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการสูญเสียน้ำและน้ำหนักที่ลดลงมากที่สุด โดยเวลาที่เหมาะสมในการแช่ในสารละลายออสโมติกทั้ง 3 ตัวอย่าง คือ 180 นาที จากนั้นศึกษาผลของสารละลายออสโมติกต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มะกรูดกึ่งแห้ง โดยนำมะกรูดที่ผ่านการแช่ในสารละลายออสโมติกทั้ง 3 ชนิด มาทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า มะกรูดที่ผ่านการแช่ในสารละลายซูโครส 32.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับสารละลายกลีเซอรอล 32.5 เปอร์เซ็นต์ มีคุณภาพผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบแห้งดีที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลาง (7.30 คะแนน) มีค่า a_w และค่าความแน่นเนื้อ เท่ากับ 0.65 และ 127.97 N ตามลำดับ และมีค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 53.61 0.86 และ 24.94 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ออสโมซิส มะกรูด ผลิตภัณฑ์กึ่งแห้ง

คำนำ

มะกรูด เป็นพืชประจำถิ่นของทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สามารถปลูกได้ทุกภาคในประเทศไทย เนื่องจากมีการนำส่วนของใบและผิวของมะกรูดไปใช้ในการประกอบอาหารจึงมีส่วนที่เหลือทิ้งคือส่วนเนื้อผล ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลมะกรูดซึ่งเป็นส่วนเหลือทิ้งเป็นผลิตภัณฑ์ผลมะกรูดกึ่งแห้งพร้อมรับประทานที่มีกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน อีกทั้งอาหารกึ่งแห้งยังเป็นอาหารที่สามารถรับประทานได้ทันที มีอายุการเก็บนาน เพราะมีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำ คือ มีความชื้นอยู่ในช่วง 15-40 เปอร์เซ็นต์ และ a_w 0.6-0.9 ซึ่งจะมีน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปฏิกิริยาทางเคมีหรือการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น วิธีการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสร่วมกับการอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นวิธีที่สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งมีคุณภาพดีได้ เนื่องจากวิธีการออสโมซิสเป็นการดึงน้ำบางส่วนออกจากชิ้นอาหาร ทำให้น้ำใน

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Tambon Saensook, Muang, Chonburi, 20131.

อาหารลดลงก่อนนำไปอบแห้ง จึงทำให้ลดเวลาในการอบแห้งด้วยลมร้อน และช่วยลดการเปลี่ยนแปลงลักษณะด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการอบแห้งเพียงอย่างเดียว (Torregiani, 1993) แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งที่มีคุณภาพดี ชนิดของสารละลายออสโมติกที่นำมาใช้ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลทั้งด้านการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิสและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ภายหลังการอบแห้ง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออสโมซิสผลมะกรูดด้วยสารละลายออสโมติก 3 ชนิด คือ สารละลายซูโครส 65 เปอร์เซ็นต์ สารละลายกลีเซอรอล 65 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายซูโครส 32.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับสารละลายกลีเซอรอล 32.5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลมะกรูดกึ่งแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำมะกรูดมาปอกเปลือก ผ่าออกเป็น 2 ซีก แคะเมล็ด แล้วคั้นเอาน้ำออกด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบใช้มือกด ชั่งน้ำหนัก 100 กรัม แล้วนำไปทำการลดความขม โดยแช่ในน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ (w/w) 600 ml เป็นเวลา 50 นาที (อุมาภรณ์ และคณะ, 2546) แล้วล้างน้ำเกลือออกด้วยน้ำเปล่า 2 ครั้ง จากนั้นแช่ในสารละลายออสโมติก 3 ชนิด ได้แก่ สารละลายซูโครส 65 เปอร์เซ็นต์ สารละลายกลีเซอรอล 65 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายซูโครส 32.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับสารละลายกลีเซอรอล 32.5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสารละลายออสโมติกต่อมะกรูด คือ 3: 1 (โดยน้ำหนัก) แช่ตัวอย่างมะกรูดในสารละลายออสโมติกที่เตรียมไว้ในบีกเกอร์ที่ปิดฝาด้วยฟอยล์ ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส โดยแช่ไว้ใน water bath และเก็บตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักและวิเคราะห์ปริมาณความชื้นทุกๆ 20, 40, 60, 120, 180, 240 นาทีเพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่สูญเสีย (water lose; WL) และน้ำหนักที่ลดลง (weight reduction; WR) โดย

$$WL(\%) = \frac{(W_i M_i - W_f M_f)}{W_i} \times 100$$

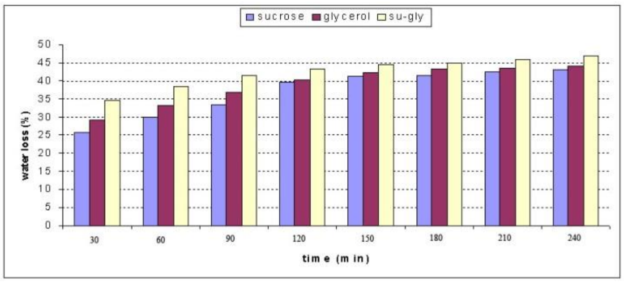
$$WR(\%) = \frac{(W_i - W_f)}{W_i} \times 100$$

เมื่อ W_i คือ น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัม) W_f คือ น้ำหนักตัวอย่างที่เวลาใดๆ (กรัม) M_i คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัมน้ำ / 100 กรัมน้ำหนักเริ่มต้น) และ M_f คือ ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่เวลาใดๆ (กรัมน้ำ / 100 กรัมน้ำหนักเริ่มต้น)

กำหนดเวลาที่ใช้ในการออสโมซิสมะกรูดทั้ง 3 ตัวอย่างก่อนการอบแห้งโดยพิจารณาจากค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย จากนั้นนำตัวอย่างมะกรูดหลังการออสโมซิสตามเวลาที่เลือกได้ทั้ง 3 ตัวอย่างมาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 60±2 องศาเซลเซียส อัตราเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที จนกระทั่งตัวอย่างมีความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ สุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้ 1) ค่า a_w ด้วยเครื่องวัด a_w 2) ค่าสี ด้วยเครื่อง HunterLab ใช้ระบบ L* a* b* color system 2) ค่าความแน่นเนื้อโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) โดยใช้หัววัดแบบใบมีด (Blade set) ตัดผ่านตรงกลางชิ้นผลิตภัณฑ์ 3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส ทดสอบความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม วิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ผลการทดลอง

เมื่อแช่มะกรูดในสารละลายออสโมติกทั้ง 3 ชนิด เป็นเวลา 240 นาที พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำและน้ำหนักที่ลดลงของมะกรูดทั้ง 3 ตัวอย่าง จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามเวลาที่ใช้ในการแช่ในสารละลาย แต่จะเริ่มคงที่ในช่วงเวลาการแช่ 150-180 นาที (Figure 1) ดังนั้น จึงเลือกเวลาในการแช่สารละลายออสโมติกที่ 180 นาทีสำหรับใช้ในการเตรียมมะกรูดสำหรับการอบแห้งด้วยลมร้อนต่อไป โดยภายหลังจากการอบแห้งได้ทำการวิเคราะห์ค่า a_w ค่าสี ค่าความแน่นเนื้อ (Table 1) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Table 2) ของผลิตภัณฑ์มะกรูดกึ่งแห้ง ซึ่งแสดงผลได้ดังนี้



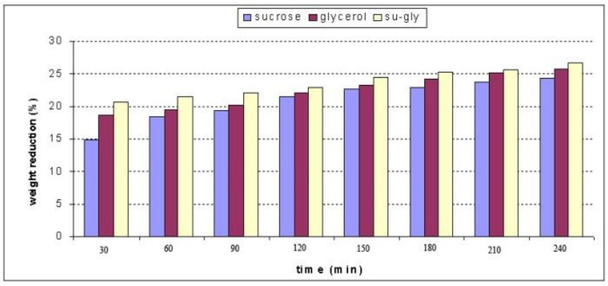


Figure 1 Effect of osmotic solution on water loss and weight reduction of leech lime during 240 min of immersion time

Table 1 a_w, color and firmness value of intermediate moisture leech lime product

Treatment	a_w	Color			Firmness (N)
		L*	a*	b*	
Sucrose	0.756^{a}± 0.029	54.75^{b}±1.23	0.29^{bc}±0.17	25.69^{a}±1.66	137.12^{a}±0.68
Glycerol	0.555^{c}± 0.027	55.87^{a}±0.84	0.12^{c}±0.30	23.15^{c}±1.11	123.19^{c}±0.69
Sucrose + Glycerol	0.650^{b}± 0.021	53.61^{c}±1.66	0.86^{a}±0.46	24.94^{bc}±0.86	127.97^{b}±0.70

^{a,b,c}Difference letters in the same column indicated significant difference($p<0.05$).

Table 2 Organoleptic scores for quality attributes of intermediate moisture leech lime product

Treatment	Appearance	Color	Odor	Taste	Texture	Overall liking
Sucrose	7.20^{a}±0.96	7.00^{a}±1.01	7.03^{bc}±0.93	5.77^{bc}±0.97	6.53^{bc}±0.78	6.50^{bc}±0.94
Glycerol	6.43^{c}±1.04	6.30^{c}±1.02	6.83^{c}±1.05	6.20^{ab}±1.16	6.23^{c}±0.94	6.43^{c}±1.04
Sucrose + Glycerol	6.87^{ab}±1.25	6.90^{ab}±1.30	7.60^{a}±1.22	6.47^{a}±1.43	7.13^{a}±1.23	7.30^{a}±1.37

^{a,b,c}Difference letters in the same column indicated significant difference($p<0.05$).

วิจารณ์ผล

เมื่อเวลาในการออสโมซิสเพิ่มขึ้น ค่าการสูญเสียน้ำของมะกรูดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ใน 120 นาทีแรกของการออสโมซิส จากนั้นอัตราการแพร่ของน้ำจะลดลงจนคงที่ในช่วง 150-180 นาที (Figure 1) ดังนั้น จึงเลือกเวลาในการแช่สารละลายออสโมติกที่ 180 นาทีสำหรับใช้ในการเตรียมมะกรูดสำหรับการอบแห้ง การที่ค่าการสูญเสียน้ำของมะกรูดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกนั้น เนื่องจากในช่วงแรกของการออสโมซิสความแตกต่างของแรงดันออสโมติกภายในชิ้นมะกรูดและสารละลายภายนอกมีค่ามาก อัตราการสูญเสียน้ำจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้นจนเข้าสู่สภาวะสมดุล เป็นผลให้ความแตกต่างของแรงดันออสโมติกน้อยลงทำให้อัตราการสูญเสียน้ำลดลงเรื่อยๆตามเวลาที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่าการสูญเสียน้ำของชิ้นมะกรูดในแต่ละตัวอย่าง พบว่า มะกรูดที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายซูโครส 65 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการสูญเสียน้ำน้อยกว่ามะกรูดที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายกลีเซอรอล 65 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายซูโครส 32.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกันกับกลีเซอรอล 32.5 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) เนื่องจากกลีเซอรอลมีมวลโมเลกุลต่ำกว่าซูโครส เมื่อใช้กลีเซอรอลและซูโครสในปริมาณเท่ากันโมลของกลีเซอรอลจะมากกว่าโมลของซูโครสทำให้แรงดันออสโมติกของกลีเซอรอลสูงกว่าซูโครส สำหรับมะกรูดที่ผ่านการออสโมซิสในสารละลายซูโครส 32.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกลีเซอรอล 32.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการสูญเสียน้ำสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พนิดา (2548) ที่ศึกษาผลของซูโครสร่วมกับกลีเซอรอลต่อการทำแห้งมะละกอด้วยวิธีออสโมซิส ซึ่งพบว่า มะละกอที่แช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 35 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกลีเซอรอลความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการสูญเสียน้ำสูงที่สุด และเมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักที่ลดลง พบว่า ผลที่ได้สอดคล้องกับค่าการ

สูญเสียน้ำ นั่นคือ ตัวอย่างมะกรูดที่แช่ในสารละลายซูโครส 32.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกลีเซอรอล 32.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักที่ลดลงสูงกว่ามะกรูดที่แช่ในสารละลายกลีเซอรอลและซูโครส ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่า a_w ของมะกรูดกึ่งแห้งที่แช่ในสารละลายกลีเซอรอล 65 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายซูโครส 32.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับสารละลายกลีเซอรอล 32.5 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) พบว่าตัวอย่างที่ออสโมซิสในสารละลายกลีเซอรอล 65 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายซูโครส 32.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับสารละลายกลีเซอรอล 32.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่า a_w เท่ากับ 0.555 และ 0.650 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้สารละลายซูโครส 65 เปอร์เซ็นต์ที่มี a_w เท่ากับ 0.756 เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารประกอบ polyhydroxy alcohol มีหมู่ไฮดรอกซิลมากสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำจึงสามารถลดค่า a_w ได้ (ปิยะนุช, 2545) นอกจากนั้นยังพบว่า เมื่อใช้สารละลายกลีเซอรอลค่าความสว่างของมะกรูดกึ่งแห้งมีค่าเพิ่มมากขึ้นในขณะที่ค่าสีแดงและสีเหลืองลดลง เนื่องจากกลีเซอรอลมีสมบัติป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ โดยหมู่ไฮดรอกซิลของกลีเซอรอลมีความไวต่อปฏิกิริยาน้อยกว่ากลุ่มอัลดีไฮด์และคีโตนของน้ำตาลซูโครส (ไพโรจน์, 2539) จึงเกิดสีน้ำตาลได้น้อย ส่วนในด้านของความแน่นเนื้อนั้น พบว่า มะกรูดกึ่งแห้งที่ผ่านการออสโมซิสโดยใช้สารละลายกลีเซอรอล 65 เปอร์เซ็นต์จะมีความอ่อนนุ่มมากกว่าการใช้สารละลายซูโครส 65 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายซูโครส 32.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับสารละลายกลีเซอรอล 32.5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารดูดความชื้นและมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นจำนวนมากจึงสามารถดึงน้ำให้อยู่ในผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น ซึ่งทำให้เนื้อสัมผัสนิ่มลงเมื่อใช้ในระดับสูงขึ้น แต่เมื่อใช้ในระดับที่สูงจะทำให้มีลักษณะชุ่มน้ำมากเกินไป (นิราศ, 2546) โดยผลจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือดังกล่าวสอดคล้องกับระดับความชอบของผู้บริโภค (Table 2) ที่พบว่า ผู้บริโภคชอบมะกรูดกึ่งแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายซูโครส 32.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับสารละลายกลีเซอรอล 32.5 เปอร์เซ็นต์มากที่สุดโดยได้รับคะแนนความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลาง เนื่องจากตัวอย่างนี้มีระดับความนุ่มปานกลาง รสชาติหวานพอดีไม่แข็งเกินไปและหวานเกินไปเหมือนกับตัวอย่างที่แช่ในสารละลายซูโครส 65 เปอร์เซ็นต์ และไม่นิ่มเละเกินไปและรสชาติจืดเกินไปเหมือนตัวอย่างที่แช่ในสารละลายกลีเซอรอล 65 เปอร์เซ็นต์

สรุปผล

การใช้สารละลายซูโครส 32.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับกลีเซอรอล 32.5 เปอร์เซ็นต์ทำให้มะกรูดมีการถ่ายเทมวลสารดีที่สุด และยังทำให้มะกรูดมีค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่ำ มีสีเหลือง ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความเหมาะสมไม่แข็งเหนียวและไม่นุ่มจนเกินไป จึงได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุดในระดับความชอบปานกลาง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2556

เอกสารอ้างอิง

นิราศ กิ่งวาที, 2546, การใช้สารดูดความชื้นในการปรับปรุงคุณภาพสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะนุช คันโธ, 2545, การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะโดยการใช้สารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และบรรจุภัณฑ์, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พนิดา เนตรวีระ, 2548, ผลของการใช้ซูโครสร่วมกับกลีเซอรอลต่อการทำแห้งมะละกอด้วยวิธีออสโมซีส, ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ไพโรจน์ วิริยจารี, 2539, อาหารกึ่งแห้ง, ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อุมาภรณ์ สุจริตทวีสุข อุมาภรณ์ สุจริตทวีสุข เบญจมาส รัตนชินกร และ อนุวัตร แจ้งชัด, 2546, การลดความขมในน้ำส้มโอ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 34(4-6), 100-103.

Torregiani, D., 1993, Osmotic Dehydration in Fruit and Vegetable Processing, Food Research International, 26, 59-69.

การสกัดสารให้ความหวานชนิดไซรัปจากหญ้าหวานด้วยเอนไซม์

Enzymatic Extraction of Stevia Syrup from *Stevia rebaudiana* Bertoni

วทันยา ลิมปพยอม[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Limpaphayom, V.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) leaves could be extracted the stevioside sweetener. The intensive technique has been used to purify the crystal forms of stevioside. The purpose of this study was to obtain sweetener syrup (stevia syrup) extracted from dry stevia leaves by Viscozyme® L at 50ºC. Three different concentrations (0, 2.5 and 5 %v/w) and different times (60, 120, 180 and 240 min) were varied. The color of stevia syrup extracted by Viscozyme® L was dark yellow which their hue angle values were 103-104º. The stevia syrup extracted by 5 %v/w Viscozyme® L for 120 min resulted in the highest %yield (63.30%) and total sugar (72.72 g/ 100 mL extracts). However, stevia syrup extracted with 5 %v/w Viscozyme® L for 240 min had the greatest total soluble solids (6.1ºBrix), reducing sugar (27.39 g/ 100 mL extracts) and steviol glycoside content analyzed by HPLC (1,635.25 mg/ 100 mL extracts) compared with those stevia syrups extracted with other conditions.
Keywords: stevia, stevia syrup, steviol glycoside, stevioside

บทคัดย่อ

ใบหญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana* Bertoni) มีสารให้ความหวานสตีวิโอไซด์ การสกัดสตีวิโอไซด์บริสุทธิ์เป็นวิธีการที่ใช้ระยะเวลานานและยุ่งยาก งานวิจัยนี้จึงสกัดสารให้ความหวานชนิดไซรัปจากหญ้าหวานด้วยเอนไซม์ Viscozyme® L โดยแปรความเข้มข้นของเอนไซม์ 0, 2.5 และ 5 %v/w และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด 60, 120, 180 และ 240 นาที ที่อุณหภูมิ 50ºC พบว่า สตีเวียไซรัปที่สกัดได้มีสีเหลืองเข้ม (มีค่า hº ระหว่าง 103-104º) วิเคราะห์สารสตีวิโอไซด์ในสตีเวียไซรัปโดย HPLC พบว่า สตีเวียไซรัปที่สกัดด้วย 5 %v/w Viscozyme® L นาน 120 นาที มี %yield (63.30%) และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (72.72 g/ 100 mL ของสารสกัด) สูงที่สุด แต่สตีเวียไซรัปที่สกัดด้วยเอนไซม์เข้มข้น 5 %v/w Viscozyme® L นาน 240 นาที มีของแข็งละลายน้ำทั้งหมด เท่ากับ 6.1ºBrix ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 27.39 g/ 100 mL ของสารสกัด และปริมาณของสารสตีวิออล ไกลโคไซด์ที่วิเคราะห์ด้วย HPLC เท่ากับ 1,635.25 mg/ 100 mL ของสารสกัด ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดเมื่อเทียบกับการสกัดด้วยเอนไซม์ที่ความเข้มข้นอื่น
คำสำคัญ: หญ้าหวาน สตีเวียไซรัป สตีวิออล ไกลโคไซด์ สตีวิโอไซด์

คำนำ

หญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana* Bertoni) เป็นพืชพื้นเมืองของประเทศบราซิล ปารากวัย และทวีปอเมริกาใต้ ต่อมาได้มีการปลูกหญ้าหวานในประเทศไทย โดยผลิตหญ้าหวานออกจำหน่ายในลักษณะบรรจุซองขนาดเล็กใช้ชงดื่มเหมือนใบชาเพื่อส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น หญ้าหวานมีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ในการควบคุมน้ำตาลในเลือด รักษาผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานและโรคไฮโปไกลซีเมีย (Misra, 2011) ยับยั้งการเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ของแบคทีเรียที่ทำให้ฟันผุ (สาโรจน์ , 2541) หญ้าหวานมีสารให้ความหวานที่เรียกว่า สตีวิโอไซด์ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว โดยเฉลี่ยมีความหวานมากกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 200-300 เท่า แต่ให้พลังงานต่ำ มีรสฝาดขม แต่ไม่มีรสชาติหลังการกลืน ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง มีความคงตัวสูงต่อสภาพความเป็นกรด-ด่าง และความร้อน (Geuns, 2003) สำหรับการสกัดสตีวิโอไซด์ สามารถสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย เช่น น้ำ เมทานอลและเอทานอล ปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อช่วยในการสกัดสารสำคัญจากพืช เช่น การสกัดด้วยของเหลวยิ่งยวด (supercritical fluid extraction) การสกัดแบบหมุนเวียน (vortical extraction) การสกัดโดยใช้พลังงานไฟฟ้า (extraction by electrical energy) และการสกัดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิค (ultrasonically assisted extraction) (Mason และคณะ, 2011) วิธีการสกัดเหล่านี้มีต้นทุนในการผลิตสูงและได้สารชนิดอื่นปนออกมาด้วย แต่วิธีการสกัดด้วยเอนไซม์เป็นสภาวะ

[1] **คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150**
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49, Tein-talay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ที่ไม่รุนแรง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีการใช้เอนไซม์เพคติเนส (pectinase) และเอนไซม์ทางการค้า (commercial) ในการสกัดแอปริคอท (apricot) (Voragen และคณะ, 1985) พลัม (Chang และคณะ, 1994) ทุเรียนเทศ (Yusof และ Ibrahim, 1994) สตรอเบอรี่ (Versari และคณะ, 1999) และอินทผลัม (Hend Hassan, 2012) ได้ปริมาณร้อยละของผลผลิตและปริมาณของแข็งละลายน้ำสูง และสามารถสกัดสาร antioxidant, phenolic และ flavonoid ได้ มีการใช้เอนไซม์เพคติเนส และเซลลูเลสทางการค้าในการผลิตเนคต้าจากแอปริคอท ฝรั่ง มะม่วง และ แครอท เป็นต้น ซึ่งเอนไซม์ที่ใช้สามารถช่วยลดความหนืดและรักษาความคงตัวของความขุ่นได้ดี (Grassin และ Fauquembergue, 1996) จากการที่ใบหญ้าหวานมีสตีวิโอไซด์ประมาณ 5-10% โดยน้ำหนัก (Puri และคณะ, 2011) อยู่ระหว่างผนังเซลล์ชั้นแรกกับมิดเดิล ลาเมลลา (middle lamella) ที่ประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และ เพคติน (pectin) ดังนั้น การใช้เอนไซม์สามารถช่วยในการสกัดสารให้ความหวานจากหญ้าหวานได้ โดยงานวิจัยนี้จึงศึกษาการสกัดสารให้ความหวานจากหญ้าหวานให้อยู่ในรูปของสตีเวียไซรัป (stevia syrup) ด้วยเอนไซม์ และวิเคราะห์สารหวานสตีวิโอไซด์ในสตีเวียไซรัปที่ได้ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมใบหญ้าหวานแห้ง (ความชื้นร้อยละ 7.36) ปั่นด้วย blender (รุ่น M20, IKA-Werke, Germany) ให้ละเอียด (80 mesh) สกัดสตีเวียไซรัปด้วยเอนไซม์ Viscozyme® L (Novozymes A/S, Denmark) (activity เท่ากับ 100 FBG/g) แปรความเข้มข้น 0, 2.5 และ 5 %v/w สกัดที่อุณหภูมิ 50 °C pH 4.0 เป็นเวลา 60, 120, 180 และ 240 นาที หยุดการทำงานของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 100°C นาน 15 นาที กรองเอากากหญ้าหวานออกโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 ระเหยแห้งด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 45°C ความดัน 70 mbar ได้สตีเวียไซรัป โดยควบคุมปริมาณของแข็งละลายน้ำ เท่ากับ 66.5°Brix วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ-เคมี ได้แก่

ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (%yield) ค่าของแข็งละลายน้ำ (total soluble solids; TSS) ด้วย Refractometer (รุ่น PAL-α, ATAGO, Japan) รายงานผลเป็นองศาบริกซ์ (°Brix) ค่าสี (L*, a*, b* value) โดยใช้เครื่อง Colorimeter (รุ่น MiniScan, HunterLab, USA.) ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index; BI) นำค่า L*, a* และ b* มาคำนวณโดยใช้สมการ (Palou และคณะ, 1999)

$$BI = [100 * (X - 0.31)] / 0.172 \quad (1)$$

เมื่อ

$$X = (a^* + 1.75L^*) / (5.645L^* + a^* - 3.012b^*) \quad (2)$$

วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธี Phenol-sulfuric acid ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) และน้ำตาลนอนรีดิวซ์ ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีของ Miller (1959) โดยใช้สารละลายกลูโคสเป็นสารละลายมาตรฐาน

วิเคราะห์ชนิดน้ำตาล ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (รุ่น 626, Alltech, Germany) คอลัมน์ Lichrospher-NH_2 (250 mm x 4 mm) ใช้ mobile phase เป็น water : acetonitrile (11:89) ใช้ Detector ชนิด Evaporative Light Scattering Detector (ELSD) (รุ่น 2000ES, Alltech, Germany) โดยใช้กลูโคส และกาแลคโทส เป็นสารมาตรฐาน

วิเคราะห์ปริมาณสารสตีวิออล ไกลโคไซด์ โดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (รุ่น 1200, Agilent Technologies, USA.) คอลัมน์ ZURBUAX Eclipse XDB-C18 reverse phase (กว้าง 4.6 mm ยาว 150 mm หนา 5 μm) ใช้ mobile phase เป็น water : acetonitrile (20:80) Detector เป็น UV-visible ที่ความยาวคลื่น 210 nm โดยใช้สารสตีวิโอไซด์ (sigma-aldrich, USA.) เป็นสารมาตรฐาน

วางแผนการทดลองแบบ 3x4 Factorial in Randomized Completely Block Design (RCBD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance; ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความน่าเชื่อถือ 95% ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สตีเวียไซรัปที่สกัดจากการใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์มากขึ้นและระยะเวลาการสกัดนานขึ้น ได้ปริมาณร้อยละผลผลิต ค่าของแข็งละลายน้ำสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) และทำให้สีของสตีเวียไซรัปมีสีเข้มขึ้น ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นและแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) (Table 1) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น จากวิเคราะห์ชนิดน้ำตาลด้วย HPLC-ELSD พบว่า สตีเวียไซรัปที่สกัดด้วย Viscozyme® L พบน้ำตาลกลูโคสในปริมาณเล็กน้อย อาจเนื่องจากการสกัดสารให้

ความหวานจากหญ้าหวานด้วย Viscozyme® L ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ประกอบไปด้วยเอนไซม์ 3 ชนิด ได้แก่ ไซลาเนส (xylanase) เซลลูเลส (cellulase) และ เฮมิเซลลูเลส (hemicellulase) ไม่สามารถตัดพันธะไกลโคซิดิก(glycosidic bond) ของเซลลูโลสซึ่งเป็นผนังเซลล์ของใบหญ้าหวานให้เป็นน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) และไม่มีความจำเพาะต่อพันธะไกลโคซิดิกที่ต่อระหว่างไกลโคไซด์กับสตีวิออลที่เป็นโครงสร้างของสารให้ความหวานได้ จากการวิเคราะห์ปริมาณสารสตีวิออล ไกลโคไซด์ด้วยเทคนิค HPLC พบว่า เมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์มากขึ้นและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดนานขึ้น ทำให้ได้ปริมาณของสารสตีวิออล ไกลโคไซด์ มากขึ้น (Figure 1) โดยที่ความเข้นข้นของเอนไซม์ เท่ากับ 5 %v/w Viscozyme® L และเวลาในการสกัดนาน 240 นาที ให้ปริมาณของสารสตีวิออล ไกลโคไซด์ สูงที่สุด เท่ากับ 1,635.25 mg/ 100 mL ของสารสกัด และผลของการสกัดด้วยเอนไซม์สอดคล้องกับผลของการใช้เอนไซม์เซลลูเลสในการช่วยสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive) จากพืช เช่น แคโรทีนอยด์ (carotenoid) (Choudhari และ Ananthanarayan, 2007) และ พอลิแซคคาไรด์ (Wu และคณะ, 2007) เนื่องจากเอนไซม์ที่ใช้สามารถทำให้ผนังเซลล์ที่เป็นพอลิแซคคาไรด์แตกออก ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่อาจช่วยเพิ่มการละลายออกของสารสตีวิโอไซด์จากหญ้าหวาน

สรุปผล

สตีเวียไซรัปที่สกัดด้วยเอนไซม์เข้มข้น 5 %v/w Viscozyme® L นาน 240 นาที มีปริมาณของสารสตีวิออล ไกลโคไซด์เท่ากับ 1,635.25 mg/ 100 mL ของสารสกัด ซึ่งมีปริมาณสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการสกัดด้วยเอนไซม์ที่ความเข้นข้นอื่น และสีของสตีเวียไซรัปที่ได้มีสีเหลืองเข้ม

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา และการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และขอขอบคุณบริษัท Brenntag Ingredients (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเอนไซม์

เอกสารอ้างอิง

สาโรจน์ ศิริศันสนียกุล, 2541, หญ้าหวานสตีเวีย, ส่งเสริมเทคโนโลยี, 25(139): 160-163.

Chang, T.S., Siddiq, M., Sinha, N.K. and Cash, J.N., 1994, Plum Juice Quality Affected by Enzyme Treatment and Fining, Journal of Food Science, 59: 1065-1069.

Choudhari, S.M. and Ananthanarayan, L., 2007, Enzyme Aided Extraction of Lycopene from Tomato Tissues, Food Chemistry, 102: 77–81.

Geuns, M.C., 2003, Stevioside, Phytochemistry, 64: 913–921.

Grassin, C. and Fauquembergue, P., 1996, Fruit Juice, Industrial Enzymology, New York, Macmillan Press Ltd.

Landisch, M.R., Lin, K.W., Volosch, M. and Tsao, G.T., 1983, Process Considerations in the Enzymatic Hydrolysis of Biomass, Enzyme and Microbial Technology, 52: 82–102.

Mason, T.J., Chemat, F. and Vinatoru, M., 2011, The Extraction of Natural Products Using Ultrasound or Microwaves, Current Organic Chemistry, 15: 237-247.

Miller, G.L., 1959, Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar, Journal of Analytical Chemistry, 31: 426-428.

Misra, H., Soni, M., Silawat, N., Mehta, D., Mehta, B.K. and Jain, D.C., 2011, Antidiabetic Activity of Medium-polar Extract from the Leaves of *Stevia rebaudiana* Bert. (Bertoni) on Alloxan-induced Diabetic Rats, Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences, 3(2): 242–248.

Palou, E., Lopez-Malo, G.V., Barbosa-Canovas, G.V., Welti-Chanes, J. and Swanson, B.G., 1999, Polyphenoloxidase Activity and Color of Blanched and High Hydrostatic Pressure Treated Banana Puree, Journal of Food Science, 64: 42-45.

Puri, M., Sharma, D. and Barrow, C.J., 2011, Enzyme Assisted Extraction of Bioactive from Plants, Trends in Biotechnology, doi:10.1016/j.tibtech.2011.06.014.

Versari, A., Biesenbruch, S., Barbanti, D., Farnell, P.J. and Galassi, S., 1999, HPAEC-PAD Analysis of Oligogalacturonic Acids in Strawberry Juice, Food Chemistry, 66: 257-261.

Voragen, A.G.L., Schois, H.A., Siliha, H.A.I. and Pilink, W., 1985, Enzymic Lysis of Pectic Substances in Cell Walls: Some Implications for Fruit Juice Technology, Chemistry and Function of Pectins, London: Butterworths, 230-247.

Wu, Y., Cui, S.W., Tang, J. and Gu, X., 2007, Optimization of Extraction Process of Crude Polysaccharides from Boat-fruited Sterculia Seeds by Response Surface Methodology, Food Chemistry, 105: 1599–1605.

Yusof, S. and Ibrahim, N., 1994, Quality of Soursop Juice after Pectinase Enzyme Treatment, Food Chemistry, 51: 83-88.

Table 1 Physico-chemical properties of stevia syrup extracted by Viscozyme® L[1]

Conc. (%v/w)	Time (h)	%Yield	TSS (°Brix)	Color				BI	Total sugar[2]	Reducing sugar[2]	non-Reducing sugar[2]
				L*	a*	b*	hue				
0	60	47.10±0.10^{h}	5.40±0.04^{f}	70.23±0.01^{b}	-1.36±0.03^{a}	5.31±0.02^{i}	104.35±0.26^{abc}	6.29±0.01^{i}	39.58±0.01^{l}	15.17±0.01^{j}	24.41±0.02^{l}
	120	55.20±0.05^{g}	5.41±0.03^{ef}	69.89±0.10^{de}	-1.46±0.01^{d}	5.60±0.03^{f}	104.61±0.03^{a}	6.58±0.03^{f}	42.58±0.03^{j}	18.03±0.02^{h}	24.55±0.01^{k}
	180	58.23±0.10^{e}	5.50±0.08^{ef}	69.81±0.04^{ef}	-1.51±0.02^{e}	5.82±0.01^{e}	104.56±0.21^{a}	7.01±0.04^{e}	39.86±0.01^{k}	12.89±0.02^{k}	26.97±0.03^{j}
	240	58.70±0.02^{d}	5.60±0.06^{d}	69.72±0.06^{fg}	-1.62±0.02^{f}	6.59±0.01^{a}	103.81±0.18^{f}	7.95±0.05^{a}	45.28±0.03^{i}	16.10±0.03^{i}	29.18±0.04^{i}
2.5	60	58.07± 0.03^{f}	5.60±0.02^{ef}	70.07±0.02^{c}	-1.61 ± 0.01^{f}	6.55±0.02^{b}	103.81±0.12^{f}	7.92±0.05^{a}	55.56±0.01^{h}	20.46±0.01^{g}	35.10±0.03^{h}
	120	60.80±0.02^{c}	5.70±0.07^{c}	69.94±0.07^{d}	-1.39±0.01^{b}	5.47±0.01^{h}	104.26±0.08^{bcd}	6.47±0.01^{gh}	62.00±0.01^{g}	26.60±0.02^{c}	35.40±0.03^{g}
	180	62.40±0.03^{b}	6.01±0.08^{ab}	69.90±0.03^{de}	-1.53±0.01^{e}	6.08±0.02^{d}	104.12±0.04^{cde}	7.26±0.02^{d}	65.69±0.01^{d}	25.74±0.03^{e}	39.95±0.04^{d}
	240	63.27±0.04^{a}	6.10±0.07^{a}	69.90±0.03^{de}	-1.52±0.01^{e}	6.09±0.01^{cd}	104.02±0.07^{def}	7.29±0.01^{d}	68.19±0.02^{c}	25.74±0.01^{e}	42.45±0.01^{b}
5	60	58.77± 0.07^{d}	6.00±0.04^{b}	70.36±0.02^{a}	-1.42±0.02^{c}	5.52±0.01^{g}	104.43±0.22^{ab}	6.51±0.04^{g}	63.17±0.02^{f}	23.89±0.01^{f}	39.28±0.01^{e}
	120	63.30±0.06^{a}	6.06±0.08^{ab}	70.12±0.03^{c}	-1.51±0.01^{e}	6.11±0.01^{c}	103.88±0.11^{ef}	7.35±0.02^{c}	72.72±0.01^{a}	30.39±0.02^{a}	42.33±0.01^{c}
	180	63.28±0.01^{a}	6.08±0.01^{ab}	69.85±0.10^{de}	-1.60±0.03^{f}	6.53±0.03^{b}	103.77±0.22^{f}	7.82±0.04^{b}	69.86±0.02^{b}	25.81±0.04^{d}	44.05±0.06^{a}
	240	63.27± 0.02^{a}	6.10±0.01^{a}	69.65±0.12^{g}	-1.41± 0.01^{bc}	5.46±0.01^{h}	104.50±0.12^{ab}	6.45±0.04^{h}	63.61±0.01^{e}	27.39±0.01^{b}	36.22±0.04^{f}
F-test		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD		0.09	0.09	0.10	0.03	0.03	0.26	0.05	0.03	0.04	0.05
C.V.		0.09	0.93	0.09	1.17	0.29	0.15	0.44	0.03	0.10	0.09

[1] Results are expressed as mean ± standard deviation (n = 3); a, b, c,... letters in the same column are significantly different at $p \leq 0.05$

[2] g/ 100 mL extracts

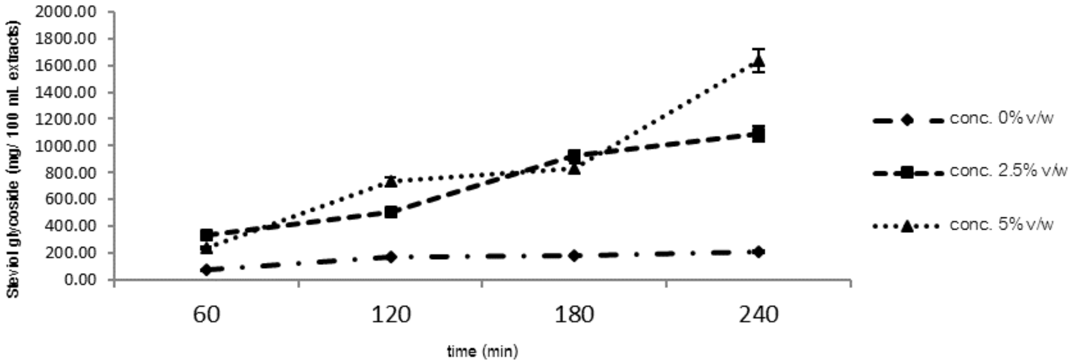


Figure 1 Steviol glycoside content of stevia syrup extracted with different concentrations and times

ผลของอุณหภูมิและเวลาการแช่ต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวกล้องสินเหล็ก

Effect of Soaking on Physico-chemical Properties of Sinlek Brown Rice

รัชนีวรรณ สะอาดศรีวีรเดช[1] สุภัทร์ ไชยกุล[1] และ ฉัตรภา หัตถโกศล[1]
Sa-ardsriweradej, R.[1], Chaiyakul, S.[1] and Hudthagosol, C.[1]

Abstract

The effect of soaking temperature (30, 50 and 70°C) and time (60, 120 and 180 minute) on physico-chemical properties of Sinlek brown rice were studies. The moisture content, water absorption index (WAI), viscosity, gelatinization temperature and retrogradation were analyzed. Result showed that the significant interactions ($p \leq 0.05$) were found between temperature and time on physico-chemical properties of soaked rice. Increasing temperature from 30°C 60 minute to 70°C 180 minute was significantly increased ($p \leq 0.05$) with moisture content, WAI, pasting temperature, peak time, trough, set back from peak, set back from trough and final viscosity but peak viscosity and breakdown were significantly decreased ($p \leq 0.05$). Soaked rice under the conditions of 30°C and 180 minute was selected. The rice grain had moisture content (28.48±0.20%), WAI (25.64±0.39%), peak viscosity (2444.33±19.03 centipoises), pasting temperature (87.25±0.47 second) and final viscosity (2848.00±58.02 centipoises) suitable for prepare imitation milk from Sinlek brown rice.

Keywords: Sinlek brown rice, soaking, viscosity, physico-chemical properties

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวกล้องสินเหล็ก โดยแปรอุณหภูมิของน้ำ (30 50 และ 70 องศาเซลเซียส) และเวลา (60 120 และ 180 นาที) ที่ใช้ในการแช่ข้าว วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของข้าวที่ผ่านการแช่ ได้แก่ ความชื้น และความสามารถในการดูดน้ำ ประเมินคุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ความหนืด อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์เซชันและการเกิดรีโทรเกรเดชัน ผลการศึกษาพบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวที่ผ่านการแช่ โดยการเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวกล้องสินเหล็กจากอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ถึง อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที มีผลให้ปริมาณความชื้น ความสามารถในการดูดน้ำ pasting temperature, peak time, trough, set back from peak, set back from though และ final viscosity สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ peak viscosity และ breakdown ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การศึกษานี้เลือกสภาวะในการแช่ข้าวสำหรับการเตรียมเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากข้าวกล้องสินเหล็ก คือ 30 องศาเซลเซียส 180 นาที โดยเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่มีความชื้นร้อยละ 28.48±0.20 ความสามารถในการดูดน้ำร้อยละ 25.64±0.39 ความหนืดสูงสุด 2444.33±19.03 เซนติพอยส์ อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงความหนืด 87.25±0.47 วินาที และความหนืดสุดท้าย 2848.00±58.02 เซนติพอยส์

คำสำคัญ: ข้าวกล้องสินเหล็ก การแช่น้ำ ความหนืดคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

คำนำ

การพัฒนาสายพันธุ์ข้าวเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเมื่อปี พ.ศ. 2553 รศ.ดร. อภิชาติ วรรณวิจิตร ได้พัฒนาข้าวกล้องพันธุ์สินเหล็กซึ่งผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวหอมนิลและข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทำให้ได้ข้าวกล้องที่มีธาตุเหล็กสูง เพื่อป้องกันภาวะโรคโลหิตจางได้ ปัจจุบันศูนย์วิจัยได้สนับสนุนพันธุ์ข้าวให้เกษตรกรปลูกมากขึ้น ทำให้มีวัตถุดิบเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การนำข้าวกล้องสินเหล็กมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ จะสามารถเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบได้ โดยผลิตภัณฑ์หนึ่งกำลังเป็นที่สนใจของตลาดในประเทศและต่างประเทศ คือ เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากข้าว โดยขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่ม เริ่มจากการแช่ข้าว การโม่น้ำ และการผสมส่วนประกอบต่างๆ ในขั้นตอนการแช่ข้าวนั้น เป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนม เนื่องจากการแช่ข้าวเป็นการทำให้เม็ดแป้ง (starch granule) มีความชื้น

---

[1] ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล, 420/1 ถ.ราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพ 10400
[1] Nutrition department, Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Rd., Ratchathewi District, Bangkok 10400

เพียงพอต่อการเกิดเจลาติไนเซชัน (Kashaninejad และคณะ, 2007) อย่างไรก็ตามอาจมีผลต่อความหนืดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมภายหลังการคืนตัวของแป้งได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวต่อปริมาณความชื้น ความสามารถในการดูดน้ำ ความหนืด อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์ และการเกิดรีโทรเกรเดชัน ของแป้งข้าวกล้องสินเหล็ก

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวกล้องสินเหล็ก สนับสนุนจากบริษัท บีฟโปร จำกัด นำข้าวแช่น้ำที่อัตราส่วน ข้าวต่อน้ำเป็น 1:2 (โดยน้ำหนัก) โดยแปรอุณหภูมิของน้ำ 3 ระดับ คือ 30 50 และ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน 3 ระดับ คือ 60 120 และ180 นาที จากนั้นนำข้าวที่ผ่านการแช่น้ำในแต่ละอุณหภูมิ เทลงบนตะแกรง และวางบนกระดาษกรองให้สะเด็ดน้ำ 5 นาที แล้วนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความชื้น (AOAC, 2005) และความสามารถในการดูดน้ำ (Batcher และคณะ, 1956) การประเมินคุณลักษณะทางกายภาพ ทำโดยนำข้าวกล้องสินเหล็กที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิต่างๆ มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ด้วยตู้อบด้วยตู้อบลมร้อน และนำมาบดลดขนาด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช นำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นแบบรวดเร็ว บรรจุแป้งข้าวที่ผ่านการอบแห้งในถุงสุญญากาศ และนำมาประเมินพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting properties) ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA model super 3 Newport Scientific Pty.Ltd., Australia) ดัดแปลงวิธีจาก (Seow และ Teo, 1993) ทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Factorial 3^2 in Completely Randomized Design วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 18 เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาต่อปริมาณความชื้นและความสามารถในการดูดน้ำของข้าวกล้องสินเหล็ก โดยอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวมีผลต่อปริมาณความชื้นและความสามารถในการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการศึกษาพบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาต่อความชื้นและความสามารถในการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิและเวลาการแช่ข้าวเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้น และความสามารถในการดูดน้ำของเมล็ดข้าวสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ข้าวมีความชื้น ร้อยละ 27.01 ความสามารถในการดูดน้ำร้อยละ 19.72 และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที มีความชื้นร้อยละ 59.85 และความสามารถในการดูดน้ำร้อยละ 113.60 เนื่องจากเมื่อสภาวะที่ข้าวมีน้ำโมเลกุลของแป้งจะคลายตัว ทำให้น้ำสามารถจับหมู่ไฮรดรอกซิลที่เป็นอิสระได้ความชื้นในเมล็ดข้าวจึงเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นพันธะไฮรโดรเจนของเม็ดแป้งจะถูกทำลายทำให้ข้าวสามารถดูดน้ำได้มากขึ้นด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bello และคณะ (2004) ที่รายงานว่า ความสามารถในการดูดน้ำของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในการแช่ข้าว

เมื่อพิจารณาผลพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting properties) ใน Table 2 พบว่า อุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวมีอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของเมล็ดข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิการแช่ข้าว 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที พบว่า pasting temperature เกิดที่อุณหภูมิสูงกว่าข้าวที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเตรียมวัตถุดิบข้าวก่อนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ในงานวิจัยนี้ได้นำข้าวที่ผ่านการแช่ข้าวแล้วทุกสภาวะไปให้ความร้อนโดยการอบแห้งและบดลดขนาดก่อนการวิเคราะห์พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความหนืดเนื่องจากข้อจำกัดทางเทคนิค ผลการศึกษาพบว่าข้าวที่ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที (ความชื้นร้อยละ 59.85) ภายหลังการอบแห้งเม็ดแป้งมีความสามารถในการดูดน้ำกลับได้ช้ากว่าข้าวที่ผ่านการแช่ที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที (ความชื้นร้อยละ 27.01) ส่งผลให้ค่า peak viscosity ต่ำกว่าที่สภาวะอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้พบว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที มีค่า final viscosity และ setback สูงกว่า อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการแช่เมล็ดข้าวที่ 70 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดข้าวเกิดรอยร้าว อะไมโลสละลายออกมา เม็ดแป้งเกิดการเจลาติไนซ์บางส่วน ดังนั้นเมื่อเม็ดแป้งดูดน้ำกลับอีกครั้งจึงเกิดความหนืดได้สูงกว่าการแช่ข้าวที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (Hagenimana และคณะ, 2006; Ritruengdech และคณะ, 2011; กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2550)

สรุปผล

ในงานวิจัยนี้พบอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาการแช่ข้าวกล้องสินเหล็กต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่ โดยที่อุณหภูมิและเวลาที่ระดับสูง (70 องศาเซลเซียส เวลา 180 นาที) เม็ดข้าวที่ผ่านการแช่มีปริมาณความชื้น ความสามารถในการดูดน้ำ pasting temperature, peak time, trough, set back from peak, set back from though และ final viscosity สูงขึ้น และมีค่า peak viscosity และ breakdown ต่ำ การศึกษานี้เลือกสภาวะในการแช่ข้าวสำหรับการเตรียมเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากข้าวกล้องสินเหล็ก คือ 30 องศาเซลเซียส 180 นาที โดยเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่มีความชื้นร้อยละ 28.48±0.20 ความสามารถในการดูดน้ำร้อยละ 25.64±0.39 ความหนืดสูงสุด 2444.33±19.03 เซนติพอยส์ อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงความหนืด 87.25±0.47 วินาที และความหนืดสุดท้าย 2848.00±58.02 เซนติพอยส์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัท บีฟโปร จำกัด ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.- อุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2550, เทคโนโลยีแป้ง, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ, 303 หน้า.

AOAC, 2005, Official Methods of Analysis, 18th ed., The Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, Merryland.

Batcher, O.M., Helmintoller, K.F. and Dawson, E.H., 1956, Development and Application of Methods for Evaluating Cooking and Eating Quality of Rice, Rice Journal, 59(4-8): 32.

Bello, M., Tolaba, M.P. and Suarez, C., 2004, Factors Affecting Water Uptake of Rice Grain during Soaking, Lebensm.-Wiss.u, Technology, 37: 811-816.

Hagenimana, A., Ding, X. and Fang, T., 2006, Evaluation of Rice Flour Modified by Extrusion Cooking, Journal of Cereal Science, 43: 38-46.

Kashaninejad, M., Maghsoudlou Y., Rafiee, S. and Khomeiri, M., 2007, Study of Hydration Kinetics and Density Changes of Rice (Tarom Mahali) during Hydrothermal Processing, Journal of Food Engineering, 79:1383-1390.

Ritruengdech, K., Kerdchoechuen, O., Laohakunjit, N. and Chaiyakul, S., 2011, Effects of Pregelatinization on Physico-chemical Properties of Flour of Germinated Brown Rice cv. KDML 105, Agricultural Science Journal, 42: 117-120.

Seow, C.C. and Teo, C.H., 1993, Annealing of Granular Rice Starches-interpretation of the Effect on Phase Transitions Associated with Gelatinization, Starch/Stärke, 43(10): 345-351.

Table 1 Effect of soak temperature and time on moisture content and water absorption of Sinlek brown rice

Temperature (°c)	Time (minute)	Moisture (%)	Water absorption (%)
30	60	27.01±0.25^{f}	19.72±1.51^{g}
30	120	28.69±0.45^{e}	24.49±0.69^{f}
30	180	28.48±0.20^{e}	25.64±0.39^{ef}
50	60	28.90±0.20^{e}	26.57±0.22^{de}
50	120	30.35±0.74^{d}	27.57±0.10^{d}
50	180	30.76±0.30^{d}	28.00±0.16^{d}
70	60	40.12±0.54^{c}	54.79±0.70^{c}
70	120	47.40±0.22^{b}	71.46±1.00^{b}
70	180	59.85±0.52^{a}	113.60±1.77^{a}

^{a,b,c} Mean followed by a different letter within the same column are significant different ($p \leq 0.05$)

Table 2 Effect of soak temperature and time on pasting properties of Sinlek brown rice

Temperature (°c)	Time (minute)	Pasting properties (cp.)							
		Pasting temperature (°c)	Peak time (second)	Peak viscosity	Trough	Setback from peak	Setback from trough	Breakdown	Final viscosity
30	60	87.83±0.83^{cbc}	5.92±0.00^{b}	2346.33±7.37^{d}	1590.66±13.01^{cd}	618.66±13.05^{c}	1374.33±3.51^{c}	755.66±15.94^{c}	2965±11.53^{de}
30	120	88.16±0.51^{cd}	6.11±0.11^{b}	2456±28.53^{b}	1678±28.82^{b}	514.33±6.42^{d}	1319.66±2.88^{d}	778.33±5.13^{c}	2997.66±215^{cd}
30	180	87.25±0.47^{de}	5.96±0.14^{b}	2444.33±19.03^{b}	1563±52.37^{d}	403.66±52.93^{e}	1285±10.14^{e}	881.33±5054^{b}	2848±58.02^{f}
50	60	88.60±0.05^{c}	6.02±0.04^{b}	2224.33±13.57^{e}	1536±14.93^{d}	712.66±8.62^{b}	1401±14.93^{c}	668.33±19.55^{d}	2937±5.0^{e}
50	120	87.85±0.80^{cde}	5.98±0.06^{b}	2396±8.71^{c}	1542.33±26.57^{d}	522±16.00^{d}	1375.66±7.76^{c}	853.66±22.18^{b}	2918±19.07^{e}
50	180	87.01±0.07^{e}	5.93±0.07^{b}	2702±50.74^{a}	1641.33±46.97^{bc}	331.66±28.29^{f}	1392.33±19.42^{c}	1060.66±47.74^{a}	3033.66±42.19^{c}
70	60	89.90±0.43^{b}	6.04±0.06^{b}	1981±20.8^{f}	1680.33±31.78^{b}	1304±54.61^{a}	1604±6.42^{a}	300.66±52.36^{e}	3285±33.80^{a}
70	120	90.13±0.80^{b}	6.11±0.13^{b}	1911.66±16.5^{g}	1675.33±30.66^{b}	1312±13.85^{a}	1548±24.54^{b}	236.33±15.04^{f}	3223.66±21.73^{b}
70	180	91.51±0.45^{a}	6.36±0.19^{a}	1987±22.64^{f}	1778.33±14.43^{a}	1347±6.24^{a}	1555.66±37.07^{b}	208.66±36.35^{f}	3334±22.71^{a}

^{a,b,c} Mean followed by a different letter within the same column are significant different ($p \leq 0.05$)

การประเมินเชิงเปรียบเทียบสมบัติเชิงหน้าที่และสารหอมระเหยของโปรตีนไฮโดรไลเซท จากแป้งข้าวและโปรตีนข้าวไอโซเลต

Comparative Evaluation of Functional Properties and Volatile Compounds of Protein Hydrolysate from Rice Flour and Isolated Rice Protein

ภัทราวรรณ มหาสิงห์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Mahasing, P.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Protein hydrolysate produced from flour and isolated protein of 'Khao Dawk Mali 105' rice were hydrolyzed by 15% bromelain (w/w) for 4 hrs, which they had the DPPH$^{\bullet}$ scavenging activity at 72.62% and 79.49%, respectively. For foaming and emulsifying capacity, rice flour protein hydrolysate obtained the foaming capacity at 66.00% and emulsifying capacity at 15.00% and isolated protein hydrolysate had foaming and emulsifying capacity at 63.00% and 15.00%, respectively. The sixteen volatile compounds were identified by gas chromatography–mass spectrophotometer (GC-MS). Although 2-acetyl-1-pyrroline was the key aroma compound found in rice flour protein hydrolysate, it was not found in isolated rice protein hydrolysate.

Keywords: isolated protein, protein hydrolysate, rice, bromelain, functional properties, volatile compound, 2-acetyl-1-pyrroline

บทคัดย่อ

โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากการไฮโดรไลซ์แป้งข้าวและโปรตีนข้าวไอโซเลตพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยโบรมิเลนความเข้มข้นเอนไซม์ต่อซับสเตรทร้อยละ 15 (w/w) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีสมบัติการยับยั้งอนุมูล 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazy (DPPH$^{\bullet}$) ร้อยละ 72.62 และ 79.49 ตามลำดับ มีค่าการเกิดฟองและการเกิดอิมัลชั่นร้อยละ 66.00 และร้อยละ 15.00 สำหรับโปรตีนไฮโดรไลเซทแป้งข้าวและโปรตีนไฮโดรไลเซทจากโปรตีนไอโซเลต มีค่าการเกิดฟองและการเกิดอิมัลชั่นร้อยละ 63.00 และร้อยละ 15.00 ตามลำดับ เมื่อศึกษาสารหอมระเหยด้วยเครื่อง gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) โปรตีนไฮโดรไลเซทแป้งข้าวมีสารหอมระเหย 16 ชนิด โดยพบ 2-acetyl-1-pyrroline ซึ่งเป็นสารหอมระเหยหลักที่ให้ลักษณะกลิ่นเฉพาะของข้าวหอมมะลิ แต่ไม่พบในโปรตีนไฮโดรไลเซทจากโปรตีนไอโซเลต

คำสำคัญ: ไอโซเลตโปรตีน โปรตีนไฮโดรไลเซท ข้าว โบรมิเลน สมบัติเชิงหน้าที่ สารหอมระเหย 2-acetyl-1-pyrroline

คำนำ

โปรตีนข้าวจัดเป็นสารอาหารก่อภูมิแพ้ต่ำ (hypoallergenic) พบประมาณร้อยละ 9.0–14.7 ซึ่งมีปริมาณมากรองจากแป้ง (Cagampang และคณะ, 1966) ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดีและมีปริมาณสูง ได้แก่ กรดกลูตามิกมีสมบัติในการให้กลิ่นรสที่ดี ส่วนอาร์จินีน ลิวซีน และวาลีน มีสมบัติยับยั้งอนุมูลอิสระ (Xie และคณะ, 2008 และ Saldivar และ Othon, 2010) เป็นต้น ถึงแม้โปรตีนข้าวมีคุณประโยชน์ที่ดี แต่การบริโภคหรือการใช้โปรตีนข้าวโดยตรงอาจทำให้ไม่ได้สมบัติที่ดีตามต้องการ วิธีการไฮโดรไลซ์โปรตีนด้วยเอนไซม์ได้เป็นโปรตีนไฮโดรไลเซท (enzymatic protein hydrolysate) เช่น การไฮโดรไลซ์โปรตีนข้าวด้วย Alcalase, Neutrase, ปาเปน และโบรมิเลน (Guo และคณะ, 2013) ทำให้โปรตีนมีขนาดเล็กลง ช่วยเพิ่มสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน เช่น การยับยั้งอนุมูลอิสระ การเกิดอิมัลชั่น การเกิดฟอง ซึ่งเกิดจากกรดอะมิโน hydrophobic (Panyam และ Kilara, 1996) นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโนที่มีหมู่ซัลเฟอร์ในโปรตีนไฮโดรไลเซทสามารถเป็นสารตั้งต้นในการเกิดสารหอมระเหยจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) (Varavinit, 2000) มีรายงานสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากโปรตีนพืชด้วยเอนไซม์ต่างๆ เช่น โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเมล็ดฝ้าย (cottonseed) ไฮโดรไลซ์ด้วย Neutrase (Gao และคณะ, 2010) โปรตีนไฮโดรไลเซทจากถั่วลิสง (peanut) ไฮโดรไลซ์ด้วย Alcalase ปาเปน และ Protamex (Zhao และคณะ, 2013) เป็น

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ต้น เอนไซม์ที่นิยมใช้ส่วนใหญ่เป็นเอนไซม์ทางการค้า แต่มีรายงานการนำเอนไซม์จากธรรมชาติ เช่น โบรมิเลน ไฮโดรไลซ์โปรตีนถั่วเหลือง (Molina Ortiz และ Wagner, 2002) และโปรตีนจากพืชอื่นๆ เช่น กากงา สาหร่าย ถั่วเขียว รวมทั้งโปรตีนข้าว เพื่อศึกษาสมบัติการยับยั้งอนุมูลอิสระ เนื่องจากโบรมิเลนเป็นเอนไซม์ที่จำเพาะกับตำแหน่งอะมิโน ไลซีน อะลานีน ไทโรซีนและไกลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิด hydrophobic ทำให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเซทที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ดี (Panyam และ Kilara, 1996) นอกจากนี้มีรายงานว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทกากงาไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน สามารถให้โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ให้สารหอมระเหยที่ดีและมีลักษณะของอาหารคาวหรืออาหารหวาน (รัชฎาภรณ์, 2553) แต่ยังไม่มีการศึกษาสารหอมระเหยของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากข้าวไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ การยับยั้งอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ การเกิดอิมัลชั่น และการเกิดฟองของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากโปรตีนข้าวด้วยเอนไซม์โบรมิเลน รวมถึงศึกษาสารหอมระเหย โดยเปรียบเทียบสมบัติระหว่างโปรตีนไฮโดรไลเซทแป้งข้าว (enzymatic bromelain defatted rice flour hydrolysate, eb-DRFH) และโปรตีนไฮโดรไลเซทจากโปรตีนข้าวไอโซเลต (enzymatic bromelain isolated rice protein hydrolysate, eb-IRPH)

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 นำมาบดลดขนาดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช สกัดไขมัน (defatted rice flour, DRF) ด้วยเฮกเซน 2 ครั้ง อัตราส่วนข้าวต่อเฮกเซน เท่ากับ 1:3 (w/w) เป็นเวลา 30 นาที การเตรียมโปรตีนข้าวไอโซเลต (isolated rice protein, IRP) ด้วย 0.1 นอร์มัล โซเดียมไฮดรอกไซด์ และตกตะกอนโปรตีนที่ pH 4.5 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก

การเตรียมโปรตีนไฮโดรไลเซท นำตัวอย่าง DRF และ IRP ไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน (activity เท่ากับ 94,934 unit/g) (enzymatic bromelain protein hydrolysate) แปรความเข้มข้นเอนไซม์ต่อซับสเตรทร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 (w/w) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส pH 6 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที กรองโปรตีนไฮโดรไลเซทด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำส่วนใสไปวัดระดับการย่อยสลาย (degree of hydrolysis, DH) ตามวิธีของ Netto และ Galeazzi (1998) จากนั้นเตรียมโปรตีนไฮโดรไลเซทเข้มข้นด้วย rotary evaporator และวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ และวิเคราะห์สารหอมระเหยด้วย gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS)

วางแผนการทดลอง 2x5 Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

วิเคราะห์สมบัติการยับยั้งอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH$^{\bullet}$) ปิเปตโปรตีนไฮโดรไลเซทเข้มข้น 500 ไมโครลิตร เติมสารละลาย 0.1mM DPPH$^{\bullet}$ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ซึ่งดัดแปลงวิธีจาก Shimada และคณะ (1992) และ Li และคณะ (2008)

คำนวณ %DPPH$^{\bullet}$ scavenging effect $= \dfrac{(\text{ค่าการดูดกลืนแสงของ control} - \text{ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง})}{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของ control}} \times 100$

ทดสอบการเกิดอิมัลชั่น (emulsion capacity) นำโปรตีนไฮโดรไลเซทเข้มข้นมาเจือจางให้มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมน้ำมันถั่วเหลืองปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย homogenizer ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้เกิดอิมัลชั่น และปั่นเหวี่ยงด้วย centrifuge ที่ความเร็ว 2,800 ×g เป็นเวลา 5 นาที ตามวิธี Chandi และ Sogi (2007) และ Cao และคณะ (2009) คำนวณค่าการเกิดอิมัลชั่น (ร้อยละ) $= \dfrac{\text{ปริมาตรสารละลายอิมัลชั่น}}{\text{ปริมาตรสารละลายทั้งหมด}} \times 100$

ทดสอบสมบัติการเกิดฟอง (foaming capacity) โดยเจือจางโปรตีนไฮโดรไลเซทให้มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่กระบอกตวง 100 มิลลิลิตร ขนาด 3.1x25 เซนติเมตร ปั่นให้เกิดฟองด้วย homogenizer ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ดัดแปลงวิธีของ Chandi และ Sogi (2007) และ Cao และคณะ (2009) วัดปริมาตรของฟองที่เกิดขึ้น

คำนวณค่าการเกิดฟอง (ร้อยละ) $= \dfrac{(\text{ปริมาตรฟองหลังปั่น} - \text{ปริมาตรฟองก่อนปั่น})}{\text{ปริมาตรโปรตีนไฮโดรไลเซท}} \times 100$

วิเคราะห์สารหอมระเหยด้วย dynamic headspace solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry (DHS-SPME-GC-MS) นำตัวอย่างปริมาตร 4 มิลลิลิตร ให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ดูดซับสารหอมระเหยด้วยไฟเบอร์ 2cm-50/30μm DVB/Carboxen™/PDMS StableFlex™ เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นชะสารหอมระเหยออกจากไฟเบอร์นาน 20 นาที และนำเข้าเครื่อง GC-MS (Agilent รุ่น 7890A, ประเทศจีน) ที่อุณหภูมิ injector 240 องศาเซลเซียส โดยใช้คอลัมน์ DB-WAX (ยาว 30 เมตร ID 320 ไมโครเมตร หนา 0.5 ไมโครเมตร) ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพา ตั้ง

อุณหภูมิ oven เริ่มจาก 55 องศาเซลเซียส คงไว้ 2 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 180 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 3 องศาเซลเซียสต่อนาที คงไว้ 2 นาที และเป็น 200 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 8 องศาเซลเซียสต่อนาที คงไว้ 2 นาที วิเคราะห์สารระเหยด้วย MSD (scan rage 33-350 m/z) ที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส แปรผลโดยเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ %quality match ร้อยละ 80 คำนวณ retention index (RI)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

โปรตีนไฮโดรไลเซทแป้งข้าว (eb-DRFH) และโปรตีนไฮโดรไลเซทจากโปรตีนข้าวไอโซเลต (eb-IRPH) ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน มีระดับการย่อยสลายแนวโน้มในทางเดียวกัน โดยค่าระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเอนไซม์ต่อซับสเตรทเพิ่มขึ้น และเริ่มคงที่เมื่อความเข้มข้นเอนไซม์เป็นร้อยละ 10 ที่เวลาการไฮโดรไลซ์ 4 ชั่วโมง (p>0.05) (Figure 1) เนื่องจากซับสเตรทถูกไฮโดรไลซ์จนมีบริเวณจำเพาะต่อเอนไซม์น้อยลง เอนไซม์จึงไม่เข้าจับกับซับสเตรท ส่งผลให้ระดับการย่อยสลายเริ่มคงที่ (Jack และ Mona, 1966) เมื่อนำโปรตีนไฮโดรไลเซทเข้มข้นมาศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ การยับยั้งอนุมูล DPPH$^{\cdot}$ สมบัติการเกิดอิมัลชั่นและการเกิดฟอง พบว่าเมื่อความเข้มข้นเอนไซม์ต่อซับสเตรทสูงขึ้นส่งผลให้สมบัติเชิงหน้าที่ทางด้านการยับยั้งอนุมูล DPPH$^{\cdot}$ การเกิดอิมัลชั่นและการเกิดฟอง ของ eb-DRFH และ eb-IRPH เพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกับระดับการย่อยสลาย และเริ่มคงที่เมื่อความเข้มข้นเอนไซม์ต่อซับสเตรทเป็นร้อยละ 15 และไม่แตกต่างจากการไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ร้อยละ 20 (p>0.05) (Figure 2 และ 3 ตามลำดับ) เนื่องจากโบรมิเลนมีตำแหน่งจำเพาะกับกรดอะมิโน hydrophobic ในเพปไทด์ ทำให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเซทที่มีกรดอะมิโน hydrophobic อยู่ที่ปลายสาย ซึ่งสามารถให้โปรตรอนแก่อนุมูลอิสระทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรได้ (Khantaphant และคณะ, 2008) ส่วนสมบัติการเกิดอิมัลชั่นและการเกิดฟอง เกิดจากกรดอะมิโน hydrophobic ในสายเพปไทด์ของ eb-DRFH และ eb-IRPH บิดเข้าหากัน แต่เมื่อโปรตีนถูกไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลนร้อยละ 15 และ 20 (w/w) จนมีระดับการย่อยสลายคงที่ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระ การเกิดอิมัลชั่น และการเกิดฟอง เริ่มคงที่เช่นเดียวกัน เมื่อนำ eb-IDRFH และ eb-IRPH ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลนความเข้มข้นร้อยละ 15 วิเคราะห์สารหอมระเหยด้วย GC-MS พบว่า eb-DRFH และ eb-IRPH มี profile ของสารหอมระเหยเหมือนกัน แต่ eb-DRFH มีสารหอมระเหยจำนวน 16 ชนิด ขณะที่ eb-IRPH มีสารหอมระเหย 12 ชนิด (Figure 4) มีสารหอมระเหยหลัก ได้แก่ 2-pentyl furan, nonanal, benzaldehyde, benzeneacetaldehyde นอกจากนี้ eb-DRFH ยังพบสาร 2-acetyl-1-pyrroline ซึ่งเป็นสารหอมระเหยหลักที่ให้ลักษณะกลิ่นเฉพาะของข้าวหอมมะลิ แต่ไม่พบใน eb-IRPH

สรุปผล

โปรตีนไฮโดรไลเซท eb-DRFH และ eb-IRPH ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลนความเข้มข้นร้อยละ 15 นาน 4 ชั่วโมง เป็นภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซท มีระดับการย่อยสลายร้อยละ 60.83 และร้อยละ 56.44 ตามลำดับ และมีสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดี ได้แก่ การยับยั้งอนุมูล DPPH$^{\cdot}$ สมบัติการเกิดอิมัลชั่น สมบัติการเกิดฟอง ไม่แตกต่างกัน และได้สารหอมระเหยที่มีลักษณะกลิ่นหอมหวาน

คำขอบคุณ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ภายใต้โครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากรเพื่อการวิจัยและพัฒนาสำหรับภาคอุตสาหกรรม (NSTDA-University-Industry Research Collaboration: NUI-RC) และโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

รัชฎาภรณ์ คะประสบ, 2553, การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทและสารอาหารจากกากงาใช้เป็นอาหารเสริม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Cagampang, G.B., Cruz, L.J., Espiritu, S.G., Santiago, R.G. and Juliano, B.O., 1966, Studies on the Extraction and Composition of Rice Proteins, Cereal Chemistry, 43: 145-155.

Cao X., Wen H., Li C. and Gu Z., 2009, Differences in Functional Properties and Biochemical Characteristics of Congenetic Rice Proteins, Journal of Cereal Science, 50: 184-189.

Chandi G.K. and Sogi, D.S., 2007, Functional Properties of Rice Bran Protein Concentrates, Journal of Food Engineering, 79: 592-597.

Gao, D., Cao, Y. and Li, H., 2010, Antioxidant Activity of Peptide Fractions Derived from Cottonseed Protein Hydrolysate, Journal of the Science of Food and Agriculture, 90: 1855-1860.

Guo, X., Zhang, J., Ma, Y. and Tian, S., 2013, Optimization of Limited Hydrolysis of Proteins in Rice Residue and Characterization of the Functional Properties of the Products, Journal of Food Processing and Preservation, 37: 245-253.

Jack, F.K. and Mona, I., 1966, The Kinetics of the Papain-Catalyzed Hydrolysis of Esters of Carbobenzoxyglycine Evidence for an Acyl-Enzyme Intermediate, Biochemistry, 5: 783-791.

Khantaphant, S., Benjakul, S. and Kishimura, H., 2011, Antioxidative and ACE Inhibitory Activities of Protein Hydrolysates from the Muscle of Brownstripe Redsnapper Prepared Using Pyloric Caeca and Commercial Proteases, Process Biochemistry, 46: 318–327.

Li, Y., Jiang, B., Zhang, T., Mu, W. and Liu, J., 2008, Antioxidant and Free Radical-Scavenging Activities of Chickpea Protein Hydrolysate (CPH), Food Chemistry, 106: 444-450.

Molina Ortiz, S.E. and Wagner, J.R., 2002, Hydrolysates of Native and Modified Soy Protein Isolates: Structural Characteristics, Solubility and Foaming Properties, Food Research International, 35: 511-518.

Netto, F.M. and Galeazzi, M.A.M., 1998, Production and Characterization of Enzymatic Hydrolysate from Soy Protein Isolate, Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 31: 624-631.

Panyam, D. and Kilara, A., 1996, Enhancing the Functionality of Food Proteins by Enzymatic Modification, Trends in Food Science and Technology, 71: 120-125.

Saldivar, S. and Othon S. R., 2010, Chemical Composition of Cereal Grains, Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp. 81-107.

Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K. and Nakamura, T., 1992, Antioxidative Properties of Xanthan on the Antioxidation of Soybean Oil in Cyclodextrin Emulsion, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40: 945– 948.

Varavinit, S., Shobsngob, S., Bhidyachakorawat, M. and Suphantharika, M., 2000, Production of Meat-Like Flavor, Science Asia, 26: 219-224.

Xie, Z., Huang, J., Xu, X. and Jin, Z., 2008, Antioxidant Activity of Peptides Isolated from Alfalfa Leaf Protein Hydrolysate, Food Chemistry, 111: 370-376.

Zhao, G., Liu, Y., Ren, J., Zhao, M. and Yang, B., 2013, Effect of Protease Pretreatment on the Functional Properties of Protein Concentrate from Defatted Peanut Flour, Journal of Food Process Engineering, 36: 9–17.

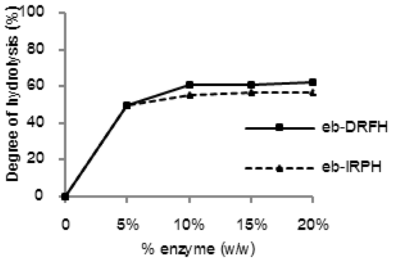


Figure 1 Degree of hydrolysis (%DH) of enzymatic bromelain defatted rice flour hydrolysate (eb-DRFH) and enzymatic bromelain isolated rice protein hydrolysate (eb-IRPH).

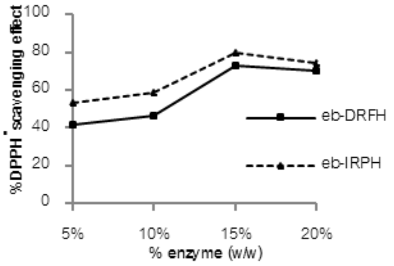


Figure 2 %DPPH scavenging effect of enzymatic bromelain defatted rice flour hydrolysate (eb-DRFH) and enzymatic bromelain isolated rice protein

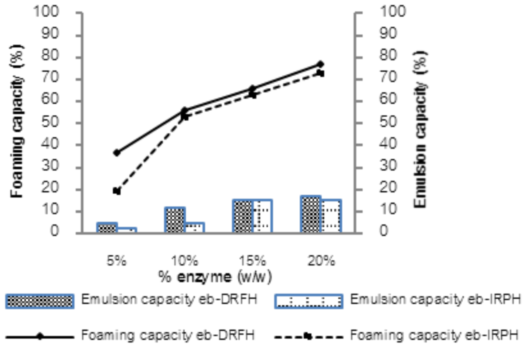


Figure 3 Foaming capacity and emulsion capacity of enzymatic bromelain defatted rice flour hydrolysate (eb-DRFH) and enzymatic bromelain isolated rice protein hydrolysate (eb-IRPH).

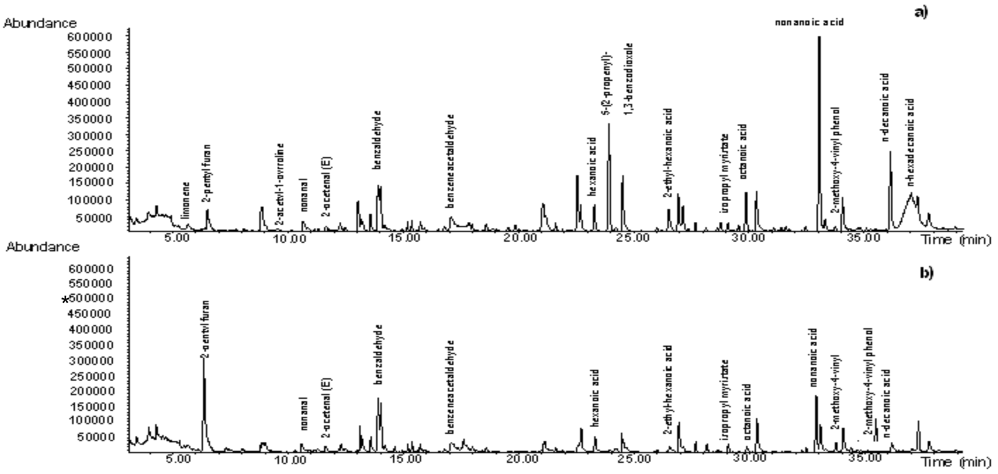


Figure 4 GC-MS chromatogram of volatile compounds from rice protein hydrolyzed by15% bromelain for 4 hrs.

a) enzymatic bromelain defatted rice flour hydrolysate (eb-DRFH) and

b) enzymatic bromelain isolated rice protein hydrolysate (eb-IRPH).

คุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นแป้งเกี๊ยวซ่าผสมสีธรรมชาติ

Physical Characteristics of the Dough Dumplings Mixed with Natural Pigment

อุบลพันธ์ รอดสุวรรณ[1] **อุษราพรรณ พิธานธนกุล**[1] **พรจิตรา จันทร์เจริญ**[1] **และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์**[1]
Rodsuwan, U.[1], Pithanthanakul, U.[1], Chancharern, P.[1] and Thumthanaruk, B.[1]

Abstract

Dumpling consists of wheat dough, minced pork and vegetables. The product can be steamed or deep frying when before consumption. The physical characteristics of the dough dumplings mixed with natural green, blue and purple pigment from pandan leaves (*Pandanus amaryllifolius*), blue pea flower (*Clitoria ternatea* L.) and roselle flower (*Hibiscus sabdariffa*) were studied. Results showed that the suitable extraction ratio of water: pandan leaves, blue pea flower and roselle flower was 2:1, 1:1 and 7:1, respectively. The purple color solution from roselle flower had highest total soluble solid compared to the blue color from blue pea flower and the green color from pandan leaf. The soluble solid content had influenced on the forming of dough. Hardness was decreased and colored dumplings appeared dull color after steaming.
Keywords: dumpling, pandan, blue pea, roselle

บทคัดย่อ

เกี๊ยวซ่าเป็นอาหารที่มีส่วนประกอบของแป้งสาลีโด เนื้อหมูละเอียดและผัก สามารถนำมานึ่งหรือทอดแบบน้ำมันท่วมเมื่อต้องการรับประทาน งานวิจัยนี้ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นแป้งที่ผสมสารสีเขียวจากใบเตย สีน้ำเงินจากดอกอัญชัน และสีม่วงจากดอกกระเจี๊ยบ ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนน้ำ:ตัวอย่างที่เหมาะสมของสารสีที่สกัดจากใบเตย ดอกอัญชัน และดอกกระเจี๊ยบเท่ากับ 2:1, 1:1 และ 7:1 ตามลำดับสารละลายสีม่วงจากดอกกระเจี๊ยบมีปริมาณของแข็งละลายน้ำได้สูงกว่าสารละลายสีน้ำเงินจากดอกอัญชัน และสีเขียวจากใบเตย ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้มีผลต่อการขึ้นรูปเป็นแผ่นแป้งโด เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน พบว่าค่า Hardness (ความแข็ง) ลดลงในทุกอัตราส่วน และทุกสีที่ปรากฏบนผลิตภัณฑ์เกี๊ยวซ่าจะมีลักษณะทึบแสง
คำสำคัญ: เกี๊ยวซ่า ใบเตย อัญชัน กระเจี๊ยบ

คำนำ

เกี๊ยวซ่า เป็นอาหารที่มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ แผ่นแป้งจากแป้งสาลีมีลักษณะขาวนวล และประกอบด้วยไส้ที่ผลิตจากเนื้อหมูกับผัก ซึ่งมักจะบริโภคพร้อมกับน้ำจิ้มงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์เกี๊ยวซ่าให้มีรูปแบบความน่าสนใจและดึงดูดผู้บริโภคเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มสีสันและคุณค่าของแผ่นแป้งจากการใช้น้ำสมุนไพรเป็นส่วนประกอบของแผ่นแป้ง ได้แก่ น้ำใบเตย (สีเขียว) น้ำอัญชัน (สีน้ำเงิน) น้ำกระเจี๊ยบ (สีม่วงแดง) ซึ่งมีสรรพคุณของสมุนไพรและเป็นยารวมถึงมีสารต้านอนุมูลอิสระ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นแป้งที่ผสมสารสีเขียวจากใบเตย น้ำเงินจากดอกอัญชัน และสีม่วงจากกระเจี๊ยบและการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เกี๊ยวซ่า

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ผลิตแป้งเกี๊ยวซ่าโดยสกัดน้ำสารสีจาก ใบเตย กระเจี๊ยบ และอัญชัน ในอัตราส่วน น้ำ:ใบเตย (1:1, 2:1 และ 3:1), น้ำ:อัญชัน (1:1, 2:1 และ 3:1) และ น้ำ:กระเจี๊ยบ (5:1, 6:1 และ 7:1) (w/w) ผสมแป้ง 100 กรัมต่อน้ำสารสี 46 กรัม ทำการขึ้นรูปแผ่นแป้ง และผลิตภัณฑ์เกี๊ยวซ่า นำมาผ่านกระบวนการให้ความร้อน 100°C นาน 20 นาที แช่เยือกแข็งระหว่างรอทำการศึกษา ศึกษาผลของคุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นแป้งที่ผสมน้ำสารสีเขียวจากใบเตย สีน้ำเงินจากดอกอัญชัน และสีม่วงจากกระเจี๊ยบต่อคุณภาพของแผ่นแป้ง และการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เกี๊ยวซ่า โดยทำการบันทึกลักษณะปรากฏของแผ่นแป้ง

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรอาหารและสิ่งแวดล้อมคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environment Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Piboonsongkram Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800

วิเคราะห์ค่าสี (colorimeter) เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) เปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ก่อนและหลังให้ความร้อน วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เกี๊ยวซ่าที่ผ่านการแช่แข็ง เป็นเวลา 5 วัน โดยตรวจสอบการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count), *S. aureus* และ *B. Cereus* เทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าสำหรับทุกการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรมการคำนวณทางสถิติ SPSS เวอร์ชั่น 11.5

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นแป้งที่ผสมน้ำสารสี (ใบเตย อัญชัน และกระเจี๊ยบ) พบว่า แผ่นแป้งมีความเข้มสีมากขึ้นตามอัตราส่วนตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น ตามลำดับ (Table 1) แผ่นแป้งที่ผสมน้ำสารสีจากใบเตย (2:1), อัญชัน (1:1) และกระเจี๊ยบ (7:1) มีเนื้อสัมผัสนุ่มปานกลาง ขอบเรียบเนียน ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการขึ้นรูปเป็นแผ่นแป้งเกี๊ยวซ่า คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของแผ่นแป้งก่อนการให้ความร้อนกับคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของแผ่นแป้งหลังการให้ความร้อน พบว่า ค่าความแข็งลดลงในทุกอัตราส่วน เกิดจากการให้ความร้อนกับแผ่นแป้งจึงมีผลต่อเนื้อสัมผัส เนื่องจากแป้งสาลีมีคุณสมบัติดูดซับน้ำได้ดีรวมทั้งแผ่นแป้งที่ผสมสารสีทุกอัตราส่วนมีเปอร์เซนต์ความชื้นค่อนข้างสูง ตามอัตราส่วนน้ำที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่ากระเจี๊ยบ อัตราส่วน 7:1 มีเปอร์เซนต์ความชื้นสูงที่สุดเท่ากับ 35.66 ± 0.96 (Table 2, 3)

การให้ความร้อนและเปอร์เซนต์ความชื้นมีผลทำให้เม็ดสตาร์ชในแป้งสาลีเกิดความยืดหยุ่น รวมทั้งปริมาณโปรตีนในแป้งสาลีมีคุณสมบัติด้านความเหนียวและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ส่งผลต่อลักษณะการกัดเคี้ยวที่ดี จากการศึกษาของ สุภารัตน์ (2550) พบว่ากลูเตนในแป้งสาลีมีความสำคัญอย่างมากต่อคุณภาพของเส้นบะหมี่เพราะกลูเตนจะเป็นตัวที่ทำให้บะหมี่เกิดลักษณะการกัดเคี้ยวที่ดี

ค่าสีของแผ่นแป้งหลังผ่านการให้ความร้อน พบว่าแผ่นแป้งที่ผสมน้ำสารสีจากใบเตยมีค่าความสว่างสูง และแผ่นแป้งที่ผสมน้ำสารสีจากกระเจี๊ยบมีค่าความทึบแสงเพิ่มขึ้น (Table 4) เนื่องจากการให้ความร้อนทำให้คลอโรฟิลล์และแอนโทไซยานินเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างส่งผลให้ความคงตัวต่ำลง สีของแผ่นแป้งจึงจางลงจนกลายเป็นสีขาว สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศยามล (2554) และ อรุษา และ ธีรารัตน์ (2554) แผ่นแป้งที่ผสมน้ำสารสีจากอัญชัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เกี๊ยวซ่ามีปริมาณโปรตีน และไขมันร้อยละ 3.62±0.05 และ 2.17± 0.67 ตามลำดับโดยปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ มีผลต่อความหนืด และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ จึงอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกี๊ยวซ่ามีเนื้อสัมผัสที่นิ่มเนื่องจากค่าHardness (ความแข็ง) ลดลง เมื่อเทียบกับแผ่นแป้งที่ยังไม่ผ่านการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เกี๊ยวซ่า

สรุปผล

การนำสารสีธรรมชาติจากใบเตย อัญชัน และกระเจี๊ยบผสมลงในแผ่นแป้งเกี๊ยวซ่าทำให้มีผลต่อความสว่างของแผ่นแป้ง และมีค่า Hardness (ความแข็ง) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกตัวอย่าง เมื่อทำการตรวจสอบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของแผ่นเกี๊ยวที่ผสมน้ำสารสีจากธรรมชาติ(ใบเตย อัญชัน และกระเจี๊ยบ) ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์เกี๊ยวซ่าสามารถเป็นที่พึงพอใจแก่กลุ่มผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

ช่อผกา เทพรังษี, 2553, การผลิตข้าวขาวเคลือบด้วยสารสกัดธรรมชาติจากใบเตยแบบห่อหุ้มและทำแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.

ไพโรจน์ วิริยจารี, 2554, การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation), ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545.

ศยามล เนตรประภา, 2544, การพัฒนาเครื่องดื่มข้าวหอมมะลิกลิ่นใบเตย, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2544.

สุภารัตน์ แก้วปรารถนา, 2550, การใช้แป้งถั่วเขียวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บะหมี่, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์, กรุงเทพฯ, 2550.

อรุษา เชาวนลิขิต และ ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล, 2554, รายงานการวิจัยสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2554.

AOAC, 2000, Official methods of analysis (17th ed.), Association of Analytical Chemists, Arlington.

Table 1 Physical properties of dough dumplings before steaming

Dough dumplings	Ratio(water:sample)	Appearance		Texture	Moisture (%)
		Color	Edge of dough dumplings		
w/ green color from Pandan leaf	1:1	dark green	little broken	rough	29.36 ± 0.35[a]
	2:1	moderate green	smooth	soft	31.07± 0.30[bc]
	3:1	slight green	smooth	very soft	32.66 ±0.62[d]
w/ blue color from Blue pea flower	1:1	dark blue	smooth	soft	29.88 ± 0.70[ab]
	2:1	moderate blue	smooth	soft	29.91 ± 0.46[ab]
	3:1	slight blue	smooth	soft	31.39 ± 0.27[cd]
w/ purple color from Roselle flower	5:1	dark purple	broken	rough	30.63 ± 0.42[ab]
	6:1	moderate purple	little broken	soft	32.02 ± 0.18[cd]
	7:1	slight purple	smooth	soft	35.66 ± 0.96[e]

Difference letters in the same row indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 2 Texture properties of dough dumplings before steaming

Dough dumplings	Ratio	Hardness (g)	Fracturability (g)	Adhesiveness[ns] (N-sec)	Springiness	Cohesiveness
Control		9881.51 ± 26.38[a]	7.87 ± 1.39[ab]	-1.25 ± 1.48	0.99 ± 0.01[a]	0.93 ± 0.02a
w/ green color from Pandan leaf	1:1	8280.80 ± 248.18[ab]	4.54 ± 1.13[abc]	-4.43 ± 2.21	0.52 ± 0.53[ab]	0.44 ± 0.63[ab]
	2:1	7862.07 ± 275.91[cb]	8.32 ± 4.50[a]	-8.20 ± 2.30	0.07 ± 0.07[b]	0[b]
	3:1	6615.00 ± 702.86[c]	6.13 ± 1.28[abc]	-7.68 ± 1.74	0.06 ± 0.01[b]	0[b]
w/ blue color from Blue pea flower	1:1	9636.51 ± 306.23[a]	5.81 ± 0.32[abc]	-14.99 ± 4.21	0.79 ± 0.06[a]	0.84 ± 0.04[a]
	2:1	9908.26 ± 424.43[a]	7.56 ± 4.21[abc]	-5.57 ± 1.47	0.96 ± 0.09[a]	0.92 ± 0.01[a]
	3:1	8441.21 ± 815.62[ab]	4.33 ± 1.99[abc]	-14.98 ± 1.29	0.41 ± 0.55[ab]	0.42 ± 0.60[ab]
w/purple color from Roselle flower	5:1	8563.22 ± 1061.07[ab]	3.27 ± 0.98[bc]	-13.47 ± 4.86	0.67 ± 0.29[a]	0.79 ± 0.12[a]
	6:1	9149.40 ± 995.79[ab]	2.78 ± 1.47[c]	-16.65 ± 14.13	0.82 ± 0.22[a]	0.73 ± 0.12[a]
	7:1	8956.32 ± 951.69[ab]	4.20 ± 1.24[bc]	-7.74 ± 9.78	0.69 ± 0.05[a]	0.82 ± 0.03[a]

Difference letters in the same row indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 3 Texture properties of dough dumpling safter steaming

Dough dumplings	Ratio	Hardness (g)	Fracturability (g)	Adhesiveness (N-sec)	Springiness	Cohesiveness
Control	-	8025.62 ± 423.77[b]	3.80 ± 0.52[b]	-10.49 ± 4.14[bcd]	0.98 ± 0.03[a]	0.94 ± 0.01[a]
w/ green color from Pandan leaf	1:1	6552.28 ± 196.87[c]	11.07 ± 9.12[a]	-9.28 ± 0.24[bc]	0.09 ± 0.04[b]	0±0.00[b]
	2:1	6022.20 ± 386.75[c]	4.39 ± 0.33[b]	-7.93 ± 1.09[bc]	0.67 ± 0.55[a]	0.63 ± 0.55[a]
	3:1	3603. 55± 272.38[e]	5.18 ± 0.96[b]	-9.46 ± 1.06[bc]	0.98 ± 0.05[a]	0.88 ± 0.12[a]
w/ blue color from Blue pea flower	1:1	5442.55 ± 1066.59[cd]	0.98 ± 0.93[b]	3.87 ± 3.87[bc]	0.06 ± 0.06[a]	0.93 ± 0.02[a]
	2:1	4616.89 ± 871.31[de]	0.45 ± 0.45[b]	1.22 ± 1.22[ab]	0.08 ± 0.08[a]	0.92 ± 0.01[a]
	3:1	4138.14 ± 1182.22[de]	0.28 ± 0.28[b]	0.69 ± 0.69[a]	0.62 ± 0.06[a]	0.92 ± 0.01[a]
w/purple color from Roselle flower	5:1	9856.69 ± 849.58[a]	4.55 ± 0.49[b]	-10.19 ± 7.43[bcd]	0.88 ± 0.09[a]	0.85 ± 0.03[a]
	6:1	7970.53 ± 816.81[b]	3.88 ± 0.39[b]	-15.76 ± 3.61[d]	0.97 ± 0.03[a]	0.91 ± 0.02[a]
	7:1	8361.40 ± 598.78[b]	4.47 ± 0.67[b]	-13.58 ± 0.60[cd]	0.89 ± 0.05[a]	0.85 ± 0.09[a]

Difference letters in the same row indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 4 Color values of dough dumplings before and after steaming

Samples		Mean ± SD		
		L*	a*	b*
Dough before steaming (water:sample)	Control	66.02 ± 0.28[a]	1.23 ± 0.08[d]	17.02 ± 0.42[d]
	Pandan(2:1)	46.08 ± 1.78[c]	-1.80 ± 0.26[e]	20.13 ± 0.43[c]
	Butterfly pea (1:1)	37.92 ± 0.45[e]	-2.24 ± 0.06[e]	-11.53 ± 1.05[i]
	Roselle (7:1)	41.67 ± 0.58[e]	15.58 ± 0.30[c]	-0.08 ± 0.06[e]
Dough after steaming (water:sample)	Control	75.76 ± 0.35[a]	1.46 ± 0.04[d]	17.19 ± 0.16[d]
	Pandan(2:1)	59.75 ± 0.14[c]	-4.75 ± 0.12[e]	30.00 ± 0.09[c]
	Butterfly pea (1:1)	37.01 ± 1.22[f]	37.01 ± 0.39[f]	-15.62 ± 0.41[i]
	Roselle (7:1)	32.76 ± 1.08[f]	11.35 ± 0.38[b]	1.68 ± 0.24[f]

Difference letters in the same row indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

การเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์ด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย

Encapsulation of Cashew Apple Juice by Spray Drying Technique

ศรัณย์ ลาภนิธิพร[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Lapnitiporn, S.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The aim of this research was to encapsulate fresh and concentrated cashew apple juice by spray drying technique. In this study, inlet temperatures were varied at 140, 150, 160, 170, and 180°C, and feed rate 5 ml/min. Maltodextrin and rice starch was used as the coating wall materials. Results indicated that the fresh and concentrated cashew apple juice encapsulated with maltodextrin at inlet temperature of 160°C had low moisture content. However, the powder of fresh and concentrated cashew apple juice encapsulated with maltodextrin resulted in high water solubility, and a great vitamin C content, phenolic content and antioxidant activity ($DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet +}$ scavenging activity), compared with coating with rice starch using other inlet temperatures.

Keywords: spray drying, cashew apple fresh juice, phenolic compounds, vitamin C, antioxidant activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์สดและเข้มข้นด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้มอลโตเด็กซ์ตรินและแป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบ โดยแปรอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 140, 150, 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส อัตรา 5 มิลลิลิตรต่อนาที ผลการทดลองพบว่า การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้น และอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 160 องศาเซลเซียส ได้ผลิตภัณฑ์ผงแห้งมีความชื้นต่ำ แต่มีสมบัติการละลาย ปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ($DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet +}$ scavenging activity) สูงกว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบ และใช้อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าอื่นๆ

คำสำคัญ: การอบแห้งแบบพ่นฝอย น้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์ สารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี การต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

มะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น สามารถนำส่วนต่างๆ ของต้นมาใช้ประโยชน์ได้ ตั้งแต่ ราก ลำต้น ใบ ยอดอ่อน ผลสด เมล็ด และเปลือก เป็นต้น โดยเฉพาะผลสดและเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่ผลสดมะม่วงหิมพานต์ (cashew apple) เป็นส่วนเหลือทิ้งทางการเกษตร เนื่องจากมีรสฝาด เน่าเสียง่าย และมีกลิ่นเฉพาะตัว จึงไม่ได้รับความนิยมในการบริโภค มีรายงานระบุว่าผลสดมะม่วงหิมพานต์เป็นแหล่งรวมของสารพฤษเคมี สารอาหารและสารสำคัญต่างๆ โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิก โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมันและเกลือแร่ (Queiroz และคณะ, 2011) อีกทั้งยังเป็นแหล่งรวมของวิตามินซี (Campos และคณะ, 2002) ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่มีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้มีรายงานวิจัยพบว่า ผลสดมะม่วงหิมพานต์มีสาร quercetin (Brito และคณะ, 2007) ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) มีคุณสมบัติลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง และช่วยป้องกันการเกิดลิ่มเลือดในหลอดเลือด (Manach และคณะ, 2005) เป็นต้น มีการแปรรูปผลสดมะม่วงหิมพานต์เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น การแปรรูปในรูปของสารสกัดน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้น เป็นต้น (Costa และคณะ, 2009) แต่กระบวนการแปรรูปดังกล่าวมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณสารสำคัญ เช่น วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และแร่ธาตุ เป็นต้น เนื่องจาก สารเหล่านี้เสื่อมสลายได้ง่ายด้วยความร้อน อีกทั้งยังมีข้อจำกัดในด้านการขนส่ง กลิ่นรส และความฝาด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำและไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค วิธีการที่สามารถแก้ไขปัญหาในด้านของการแปรรูป การขนส่ง กลิ่นและรสสัมผัส ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถลดการสูญเสียปริมาณสารสำคัญ และไม่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง ได้แก่ ไมโครเอนแคปซูเลชั่น (micro encapsulation) ด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) ถึงแม้มีรายงานวิจัย

[1] **คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150**

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49, Teintalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ที่ศึกษาการทำเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์ด้วย chitosan-whey protein isolate แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดการสูญเสียปริมาณสารสำคัญอย่างต่อเนื่อง เนื่องจาก เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) ในผลิตภัณฑ์ และสารเคลือบที่ใช้มีกระบวนการเตรียมที่ยุ่งยาก (Bastos และคณะ, 2012) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้น และเปรียบเทียบชนิดของสารเคลือบและอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า ที่มีผลต่อคุณสมบัติและประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสด (fresh cashew apple juice) โดยนำผลมะม่วงหิมพานต์ จากจังหวัดระนองมาแยกส่วนที่เป็นเม็ดมะม่วงหิมพานต์ออก ล้างผลสดมะม่วงหิมพานต์ด้วยน้ำกลั่น หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นละเอียด กรองแยกกาก แล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ น้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสด (fresh cashew apple juice) และน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้น (concentrated cashew apple juice) ด้วยเทคนิคการทำให้เข้มข้นแบบการระเหย (evaporation) โดยใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และความดัน 42 mbar จากนั้นผสมน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นแต่ละชนิดกับสารเคลือบ ได้แก่ มอลโตเด็กซ์ตริน และแป้งข้าวเจ้า ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก (แป้งข้าวเจ้าให้ความร้อนจนได้สารละลายแป้งข้าวเจ้าที่ปราศจากการแขวนลอยของเม็ดแป้ง) จากนั้นเติม sorbitol ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของสารเคลือบ ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง homogenizer แล้วนำมาทำแห้งด้วยเครื่อง spray dry ควบคุมอัตราการไหลที่ 5 มิลลิลิตรต่อนาที แปรอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า (inlet temperature) ที่ 140, 150, 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส เก็บผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่ได้บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้อง และเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (desiccator) หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (physicochemical properties) และคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) เปรียบเทียบสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์ ดังนี้

ปริมาณของแข็งละลายน้ำ (total soluble solid: TSS) ด้วย Refractometer (ATAGO, PAL-α, Japan) รายงานผลเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)

ร้อยละผลผลิตของผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่ได้ คำนวณดังสมการที่ 1

$$\%yield = \frac{received\ weight\ of\ powder}{weight\ of\ powder\ before\ drying} x100 \qquad (1)$$

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) โดยวิธี Total phenols assay ดัดแปลงจากวิธีของ Kim และ Lee (2002) โดยผสมสารละลายตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร กับน้ำกลั่น 950 ไมโครลิตร Folin-ciocalteu reagent 5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 4 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้กรดแกลลิคเป็นสารละลายมาตรฐาน รายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิค ต่อ 100 กรัม)

ปริมาณวิตามินซี (Vitamin C content) ด้วย dye solution ตามวิธีของ AOAC (1991) โดยใช้สารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร เติม acid solution 10 มิลลิลิตร นำไปไทเตรททันทีด้วยสารละลาย standard dye solution จากนั้นคำนวณปริมาณวิตามินซี รายงานผลเป็นปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค ต่อ 100 มิลลิลิตร) (สมการที่ 2)

$$\%Vit\ C\ (mg/100ml) = \frac{\left[dye\ solution\right]\ x\ titrate_{sample}\ x\ 100}{10\ ml\ sample} \qquad (2)$$

เมื่อ $$\left[dye\ solution\right] = \frac{10\ mg\ ascorbic\ acid}{titrate_{standard\ dye\ solution}}$$

ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) free radical scavenging activity assay ดัดแปลงจากวิธีของ Kim และ Lee (2002) โดยผสมสารละลายตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร กับสารละลาย $DPPH^{\bullet}$ 2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเติมสารละลาย $DPPH^{\bullet}$ เป็น blank standard และสารละลายตัวอย่างเติมเอทานอลเป็น blank sample จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าร้อยละ $DPPH^{\bullet}$ scavenging activity (สมการที่ 3)

$$\%DPPH^{\cdot}\ \text{scavenging activity} = \frac{\left[Blank\ standard - \left(Sample - Blank\ sample\right)\right]}{Blank\ standard} x\ 100 \qquad (3)$$

ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) ($ABTS^{\bullet +}$) free radical scavenging activity assay ดัดแปลงจากวิธีของ Choi และคณะ (2007) โดยผสมสารละลายตัวอย่าง 40 ไมโครลิตร กับสารละลาย $ABTS^{\bullet +}$ 4 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 6 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโต

มิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเติมสารละลาย ABTS$^{\bullet+}$ เป็น blank standard และสารละลายตัวอย่างเติมเอทานอลเป็น blank sample จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าร้อยละ ABTS$^{\bullet+}$ scavenging activity (สมการที่ 4)

$$\%ABTS^{\bullet+}\text{scavenging activity} = \frac{\left[Blank\ standard - \left(Sample - Blank\ sample\right)\right]}{Blank\ standard} x\ 100 \quad (4)$$

การละลาย ตามวิธีของ Shin (1996) เตรียมผลิตภัณฑ์ผงแห้ง 1 กรัม ใส่น้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เขย่านาน 10 นาที ปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 1000 *g* นาน 15 นาที แยกเอาส่วนใสออก นำส่วนที่ไม่ละลายน้ำไปทำให้แห้ง โดยอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณดังสมการที่ 5

$$water\ solubility(\%) = \frac{weight\ of\ initial\ dry\ matter - weight\ of\ dry\ matter\ not\ solubilized}{weight\ of\ initial\ dry\ matter} x100 \quad (5)$$

วางแผนการทดลองแบบ 2x2x3 Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม Statistical Analysis System (SAS) (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้น โดยใช้มอลโตเด็กซ์ตรินและแป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบ พบว่า ชนิดน้ำมะม่วงหิมพานต์ ชนิดสารเคลือบ และอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า มีอิทธิพลร่วมกันต่อความชื้น สมบัติการละลาย ร้อยละผลผลิต และปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ โดยการเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีร้อยละผลผลิตและปริมาณสารสำคัญสูงสุด แต่มีความชื้นสูง ส่งผลให้สมบัติการละลายต่ำ (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 160 องศาเซลเซียส ที่มีความชื้นต่ำและสมบัติการละลายสูงกว่า แต่สูญเสียปริมาณร้อยละผลผลิตและปริมาณสารสำคัญมากกว่า ($p \leq 0.05$) เนื่องจาก การใช้อุณหภูมิสูงทำให้โมเลกุลของน้ำระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น ความชื้นจึงมีค่าลดต่ำลง เมื่อนำมาละลายน้ำจึงดูดซับน้ำได้มากขึ้น การละลายจึงมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ส่งผลให้ร้อยละผลผลิตและปริมาณสารสำคัญลดต่ำลง เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์ไหม้และจับตัวเป็นก้อนจากการหลอมละลาย อีกทั้งปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารที่ไวต่อการเสียสภาพได้ง่ายด้วยความร้อน จึงทำให้สูญเสียปริมาณสารสำคัญมากขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้นที่พบการสูญเสียปริมาณสารสำคัญสูงกว่าการเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสด เพราะว่า น้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้นผ่านการทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยแห้งมาก่อน จึงทำให้สูญเสียปริมาณสารสำคัญเพิ่มขึ้น ส่วนการใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบสำหรับการเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้น พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นสูง สมบัติการละลาย ร้อยละผลผลิตและปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้มอลโตเด็กซ์ตริน เนื่องจาก แป้งข้าวเจ้ามีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพคตินภายในเม็ดแป้งที่อยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ทำให้ละลายน้ำได้น้อย อีกทั้งแป้งข้าวเจ้ามีสมบัติในการเกิดเจล (gelatinization) เมื่ออุณหภูมิสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์ไหม้และจับตัวเป็นก้อนได้ง่าย ส่งผลให้ร้อยละผลผลิตลดลง อีกทั้งความร้อนที่ใช้ในการเตรียมสารละลายแป้งข้าวเจ้า ส่งผลให้เกิดการสูญเสียปริมาณสำคัญมากขึ้น เนื่องจาก วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระไวต่อการเสียสภาพด้วยความร้อน

สรุปผล

การเอนแคปซูเลชั่นน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน ที่สภาวะอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 160 องศาเซลเซียส ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงหิมพานต์ชนิดผงปริมาณสูงสุด และยังคงปริมาณสารสำคัญและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระไว้ได้ดีที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักประสานงานโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (TRF-MAG) โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และ บริษัท เฮอริเทจโกรวเวอร์คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่ให้การสนับสนุนวัตถุดิบสำหรับงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2000, Official Method of Analysis of AOAC International, 17th ed. Horwitz, Willium : Association of Offcial Analytical Chemistrs. Inc.

Assuncao, R.B. and Mercadante, A.Z., 2003, Carotenoids and Ascorbic Acid Composition from Commercial Products of Cashew Apple (*Anacardium occidentate* L.), Journal of Food Composition and Analysis, 16: 647-657.

Brito, E.S., Araujo, M.C.P., Lin, L.Z. and Harnly, J., 2007, Determination of the Flavonoid Components of Cashew Apple (*Anacardium occidentate*) by LC-DAD-ESI/MS, Food Chemistry, 105: 1112-1118.

Bastos, D.S., Goncalves, M.P., Andrade, C.T., Araujo, K.G.L. and Leao, M.H.M.R., 2012, Microencapsulation of Cashew Apple (*Anacardium occidentale*, L.) Juice using a New Chitosan-commercial Bovine Whey Protein Isolate System in Spray Drying, Food and Bioproducts Processing, FBP-311: 101-109.

Campos, D.P.C., Sabino, A.S.S., Wolkoff, D.B.W., Maria, L.M.C.C. and Couri, S., 2002, Cashew Apple Juice Stabilization by Microfiltration, Desalination, 148: 61-65.

Chin, S., Nazimah, S.A.H., Quek, S., Mana, Y.B.C., Rahman, R.A. and Hashim, D.M., 2007, Effect of Thermal Processing and Storage Condition on the Flavour Stability of Spray-dried Durian Powder, Food Science and Technology, 43: 856–861.

Costa, J.M.C.D.A., Felipe, É.M.D.E.F., Maia, G.A., Hernandez, F.F.F. and Brasil, I.M., 2009, Production and Characterization of the Cashew Apple (*Anacardiumo ccidentale*L.) and Guava (*Psidium Guajava* L.) Fruit Powders, Journal of Food Processing and Preservation, 33: 299-312.

Jose, C.C., Lilia, C.J., Eduardo, G.H. and Belen, G.V., 2010, Antioxidant Capacity, Phenolic Content and Vitamin C in Pulp, Peel and Seed from 24 Exotic Fruits from Colombia, Food Research International, 44: 2047-2053.

Kim, D.O. and C.Y. Lee., 2002, Extraction and Isolation of Polyphenolics, Current Protocols in Food Analytical Chemistry, R. E., Wrolstad., New York, pp. 1-12.

Manach, C., Mazur, A. and Scalbert, A., 2005, Polyphenols and Prevention of Cardiovascular Diseases, Current Opinion in Lipidology, 16: 77-84.

Queiroz, C., Lopes, M.L.C.M., Fialho, E. and Mesquita, V.L.V., 2011, Changes in Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Fresh-cut Cashew Apple, Food Research International, 44: 1459-1462.

Table 1 Physicochemical properties of Cashew apple powder [1]

Sample	% Moisture	% Solubility	%Yield	Vitamin C (mg/100g)	Phenolic (mg/100g)	%DPPH$^{\bullet}$	%ATBS$^{\bullet +}$
Concentrated[2] / maltodextrin / 150°c	5.51^{c}±0.02	62.52^{e}±0.33	9.66^{c}±0.03	21.05^{g}±0.31	0.79^{g}±0.01	55.65^{d}±0.62	53.37^{f}±0.22
Concentrated / maltodextrin / 160°c	4.24^{h}±0.03	65.75^{c}±0.50	8.01^{e}±0.08	17.54^{h}±0.28	0.77^{h}±0.01	52.94^{e}±0.12	48.35^{h}±0.50
Concentrated / maltodextrin / 170°c	3.82^{j}±0.03	72.45^{a}±0.23	7.58^{f}±0.09	11.70^{i}±0.32	0.73^{i}±0.03	45.68^{g}±0.45	42.29^{j}±0.08
Concentrated / starch / 150°c	6.56^{a}±0.07	40.21^{k}±0.19	3.04^{i}±0.04	16.37^{h}±0.81	0.33^{j}±0.01	55.03^{d}±0.26	52.42^{g}±0.38
Concentrated / starch / 160°c	6.26^{b}±0.02	48.54^{i}±0.46	2.92^{j}±0.06	7.02^{j}±0.27	0.31^{k}±0.01	49.74^{f}±0.54	43.91^{i}±0.36
Concentrated / starch / 170°c	6.26^{b}±0.04	50.27^{g}±0.25	2.23^{k}±0.05	4.68^{k}±0.32	0.27^{l}±0.01	42.87^{h}±0.23	41.67^{j}±0.38
Fresh[3] / maltodextrin / 150°c	4.59^{f}±0.02	64.34^{d}±0.27	10.89^{a}±0.03	133.98^{a}±0.10	2.04^{a}±0.02	67.22^{a}±0.77	64.55^{a}±0.33
Fresh / maltodextrin / 160°c	4.35^{g}±0.02	69.50^{b}±0.41	10.34^{b}±0.25	109.59^{b}±0.81	1.81^{b}±0.02	62.93^{b}±0.23	58.29^{c}±0.38
Fresh / maltodextrin / 170°c	4.00^{i}±0.01	72.37^{a}±0.38	9.11^{d}±0.04	90.06^{d}±0.73	1.44^{d}±0.01	59.51^{c}±0.48	55.23^{e}±0.58
Fresh / starch / 150°c	5.29^{d}±0.02	46.44^{j}±0.11	6.90^{g}±0.07	99.82^{c}±0.31	1.66^{c}±0.02	66.54^{a}±0.29	62.35^{b}±0.51
Fresh / starch / 160°c	5.15^{e}±0.05	49.65^{h}±0.10	6.82^{g}±0.04	78.36^{e}±0.73	1.43^{e}±0.01	59.62^{c}±0.96	57.05^{d}±0.44
Fresh / starch / 170°c	3.75^{k}±0.05	51.41^{f}±0.38	6.66^{h}±0.03	61.52^{f}±0.54	1.08^{f}±0.01	54.99^{d}±0.09	53.90^{f}±0.64

[1] Results are expressed as mean ± standard deviation (n = 3); a, b, c … letters in the same column are significantly different at $p \leq 0.05$

[2] Concentrated cashew apple juice dilute 20X in distilled water

[3] Cashew apple fresh juice

ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 10 ชนิด ในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพด

Efficacy of Plant Extracts from 10 Species as Insect Repellent to Maize Weevil

กันยารัตน์ มาแย้ม[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Kanyarat, M.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Plant extracts from 10 species (coriander seed, lemon grass, kaffir lime, and pepper) were extracted by hydrodistillation. Sweet basil, betel vine, Indian coral tree, wild betel, celery and garlic were obtained by simultaneous distillation extraction. The refractive index of plant extracts was at 1.367 to 1.517. Celery extract gave the highest yield (2.68) followed by betel vine and lemon grass extract (2.48 and 2.40). Repellent efficacy of plant extracts to maize weevil showed that plant extracts from 10 species at 8 $\mu L/cm^2$ was the most potent repellence of 80.1-100% classified as level 5 (determine the level of maize weevil 0-5 class). Plant extracts from lemon grass, kaffir lime, pepper and betel vine at 1, 2, 4 and 8 $\mu L/cm^2$ could repel as level 5 followed by coriander seed and garlic at all test concentrations (1, 2, 4 and 8 $\mu L/cm^2$).

Keywords: plant extract, maize weevil, repellent

บทคัดย่อ

สารสกัดจากพืช 10 ชนิด คือ เมล็ดผักชี ตะไคร้ มะกรูด และพริกไทยดำ สกัดด้วยวิธีการต้มกลั่น (hydrodistillation; HD) โหระพา พลู ทองหลาง ช้าพลู ขึ้นฉ่าย และกระเทียม สกัดโดยการกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction; SDE) พบว่าสารสกัดจากพืชทั้ง 10 ชนิด มีค่า refractive index ระหว่าง 1.367-1.517 ซึ่งสารสกัดขึ้นฉ่ายมี %yield สูงสุดเท่ากับร้อยละ 2.68 รองลงมา คือ สารสกัดพลู และตะไคร้มี %yield เท่ากับร้อยละ 2.48 และ2.40 ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการไล่ด้วงงวงข้าวโพด สารสกัดทั้ง 10 ชนิด เมื่อใช้ความเข้มข้น 8 $\mu L/cm^2$ มีประสิทธิภาพในการไล่ร้อยละ 80.1-100 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ 5 (กำหนดระดับการไล่ด้วงงวงข้าวโพดเป็น 0-5 ระดับ) ซึ่งสารสกัดจากตะไคร้ มะกรูด พริกไทยดำและพลู ที่ทุกความเข้มข้น (1, 2, 4 และ 8 $\mu L/cm^2$) ประสิทธิภาพการไล่อยู่ในระดับที่ 5 รองลงมาเป็นสารสกัดเมล็ดผักชี และกระเทียม มีประสิทธิภาพการไล่ใกล้เคียงกัน ที่ทุกความเข้มข้น (1, 2, 4 และ 8 $\mu L/cm^2$)

คำสำคัญ: สารสกัด ด้วงงวงข้าวโพด ฤทธิ์การไล่

คำนำ

ปัญหาที่สำคัญในการเก็บรักษาข้าว คือ การปนเปื้อนหรือการเข้าทำลายของแมลง (insect infestation) โดยเฉพาะด้วงงวงข้าวโพด (maize weevil; *Sitophilus zeamais* Motschulsky) และมอดแป้ง (red flour beetle; *Tribolium castaneum* Herbst) การป้องกันแมลงเหล่านี้มักใช้สารเคมี แต่การใช้สารเคมีเหล่านี้เป็นระยะเวลานาน นอกจากแมลงสร้างความต้านทานได้แล้ว อาจส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อม มีสารตกค้างในผลผลิต และอันตรายต่อผู้ใช้และผู้บริโภค แนวทางหนึ่งคือการใช้สารธรรมชาติ เช่น สารสกัดจากพืชซึ่งเป็นสารทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้นและพบได้ที่ส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ใน เมล็ด ผล เปลือก เป็นต้น (Bakkali และคณะ, 2008; Kerdchochuen และคณะ, 2010) อย่างไรก็ตามสารสกัดจากพืชแต่ละชนิดมักมีสารประกอบเชิงซ้อนที่แตกต่างกันไป มีงานวิจัยที่พบว่าองค์ประกอบ ในน้ำมันหอมระเหยที่มีสารสำคัญจำพวก mono-, sesqui- และ triterpenoid สารเหล่านี้ไปมีผลต่อโครงสร้างของแมลง (Tapondjou และคณะ, 2005) สารทุติยภูมิบางชนิดที่มีอยู่ในสารสกัดจากพืชสามารถนำมาใช้กำจัดศัตรูพืชได้หลายแบบ เช่น ใช้เป็นสารถูกตัวตาย (contact toxicity), สารรม (fumigant) และสารไล่แมลง (repellency) เป็นต้น สารสกัดจากพืชจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Zapataa และคณะ, 2010) ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์ในการสกัดและศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช เพื่อใช้เป็นสารไล่ (repellent) ด้วงงวงข้าวโพด

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's Universty of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakham, Bangkhuntien, Bangkok 10150

อุปกรณ์และวิธีการ

นำพืช 10 ชนิด (เมล็ดผักชี ตะไคร้ มะกรูด และพริกไทยดำ สกัดด้วยวิธีการต้มกลั่น โหระพา พลู ทองหลาง ช้าพลู ขึ้นฉ่าย และกระเทียม) มาสกัดโดยการกลั่นพร้อมสกัด โดยนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณของผลิตภัณฑ์ (%yield), การหักเหคลื่นแสง (refractive index; RI)

% yield ของน้ำมันหอมระเหย

โดยใช้สูตร % yield (v/w) (dry weight) = $\frac{\text{volume of essential oil (mL)}}{\text{Weight of raw materials}} \times 100\ \%$

ค่า refractive index (RI)

หยดน้ำมันหอมระเหย 1-2 หยด ที่สกัดได้ลงบนปริซึมของเครื่อง hand-held refractometer และปรับค่าจนเห็นเส้นแบ่งแถบสว่างได้ชัดเจน บันทึกอุณหภูมิและอ่านค่า refractive index (RI) ที่วิเคราะห์ได้

และตรวจสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิด ในการเป็นสารไล่ (repellent) ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดบนกระดาษกรอง ด้วยการทดสอบแบบมีทางเลือกในจานแก้ว (Petri-dish choice bioassay) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กับแมลงในกลุ่ม Coleloptera โดยนำกระดาษกรอง (Whatman No.1) เส้นผ่านศูนย์กลาง 90 mm พื้นที่ 63.6 cm^2 มาตัดครึ่ง แล้วหยดสารละลายของสารสกัดที่ความเข้มข้น 1, 2, 4, 8 $\mu L/cm^2$ ใน 1 mL ของ acetone ส่วนกระดาษอีกครึ่งหนึ่งหยด acetone ตั้งไว้ 10 นาที แล้วนำทั้ง 2 ส่วนมาต่อกันด้วยเทปกาวใส ใส่ใน petri dish และปล่อยด้วงงวงข้าวโพด 20 ตัว ไว้ตรงกลาง จำนวน 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) หลังจากนั้น 2 ชั่วโมง นับจำนวนแมลงในบริเวณที่ใส่สารสกัด (Nt) และนับแมลงบริเวณที่ใช้อะซีโตนเป็นบริเวณควบคุม (Nc) บันทึกแล้วนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การไล่แมลง (% PR) ของสารสกัดจากพืชแต่ละชนิดโดยใช้สูตร

$\%PR = [(Nc-Nt)/(Nc+Nt)] \times 100$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากสารสกัดจากพืช 10 ชนิด คือ เมล็ดผักชี (ผล เมล็ด), ตะไคร้ (ใบและลำต้น), มะกรูด (ใบ), พริกไทยดำ (ผล เมล็ด) ด้วยวิธีการต้มกลั่น (hydrodistillation; HD) โหระพา (ใบ), พลู (ใบ), ทองหลาง (ใบ), ช้าพลู (ใบ), ขึ้นฉ่าย (ใบ และราก), และกระเทียม (กลีบ) โดยการกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction; SDE) พบว่าสารสกัดขึ้นฉ่ายมี %yield สูงสุดเท่ากับร้อยละ 2.678 รองลงมา คือ สารสกัดพลู และตะไคร้มี %yield เท่ากับร้อยละ 2.480 และ 2.402 ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งปริมาณของสารสกัดที่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากชนิด พันธุ์ และส่วนของพืชที่นำมาใช้ รวมทั้งเทคนิคและสภาวะของการสกัดสารสกัดทำให้ปริมาณสารสกัดที่ได้แตกต่างกัน (Tognolini และคณะ, 2006)

จาก Table 1 พบว่า สารสกัดพลูมีการหักเหของคลื่นแสงมากที่สุด ซึ่งมีความเข้มสีมากที่สุด แสดงให้เห็นว่ามีสิ่งเจือปนที่อยู่ภายในน้ำมันมากที่สุดจึงเกิดการหักเหของแสงมากกว่าน้ำมันชนิดอื่น ๆ และสารสกัดทองหลางซึ่งมีความเข้มสีน้อยที่สุด (ใส) บ่งบอกว่าเป็นสารสกัดที่มีความบริสุทธิ์มีสิ่งเจือปนน้อย ทั้งนี้ความบริสุทธิ์อาจจะขึ้นอยู่กับจำนวน และโครงสร้างของสารที่เป็นองค์ประกอบภายในสารสกัดนั้นๆ ด้วย (นิธิยา, 2548) โดยสารสกัดทั้ง 10 ชนิด มีค่า RI ประมาณ 1.367-1.517

จากการศึกษาประสิทธิภาพการไล่ด้วงงวงข้าวโพด (Figure 1) พบว่าสารสกัดทั้ง 10 ชนิด เมื่อใช้ความเข้มข้น 8 $\mu L/cm^2$ มีประสิทธิภาพในการไล่ร้อยละ 80.1-100 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ 5 ซึ่งสารสกัดจากตะไคร้ มะกรูด พริกไทยดำ และพลู ที่ทุกความเข้มข้น (1, 2, 4 และ8 $\mu L/cm^2$) ประสิทธิภาพการไล่อยู่ในระดับที่ 5 (ร้อยละ 100) รองลงมาเป็นสารสกัดเมล็ดผักชี และกระเทียม มีประสิทธิภาพการไล่ใกล้เคียงกัน ที่ทุกความเข้มข้น (1, 2, 4 และ8 $\mu L/cm^2$) โดยที่ความเข้มข้น 8 $\mu L/cm^2$ ประสิทธิภาพการไล่อยู่ในระดับที่ 5 มีร้อยละการไล่ เท่ากับ 96.25 และ 87.50 ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้น2 และ 4 $\mu L/cm^2$ ก็ยังมีประสิทธิภาพในการไล่อยู่ในระดับที่ 5

สารสกัดจากโหระพา ทองหลาง ช้าพลู และขึ้นฉ่าย พบว่า ความเข้มข้น 8 $\mu L/cm^2$ มีร้อยละการไล่ เท่ากับ 87.50, 85.00, 85.00 และ 85.00 ตามลำดับ ความเข้มข้น 4 $\mu L/cm^2$ มีร้อยละการไล่ เท่ากับ 80.00, 72.50, 65.00 และ77.50 ความเข้มข้น 2 $\mu L/cm^2$ มีร้อยละการไล่ เท่ากับ 65.00, 60.00, 55.00 และ52.00 ตามลำดับ และประสิทธิภาพการไล่ด้วงข้าวโพดที่ความเข้มข้นต่ำสุด 1 $\mu L/cm^2$ พบว่า มีร้อยละการไล่ เท่ากับ 60.00, 47.00, 27.50 และ 7.50 ตามลำดับ

สำหรับสารสกัดที่มีสารออกฤทธิ์ไล่แมลงไม่ให้มาวางไข่ ส่วนมากจะเป็นสารสกัดที่มีส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิด และเป็นสารหอมระเหยที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก จึงสามารถระเหยได้ง่าย รวดเร็ว ด้วยเหตุนี้จึงสามารถไล่แมลงได้เพียงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น ความสามารถในการไล่ด้วงงวงข้าวโพดของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 10 ชนิด เห็นได้ว่า สารสกัดตะไคร้ มะกรูด พริกไทยดำ และพลู มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพดดีที่สุด เนื่องจากสารสกัดตะไคร้ มีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญหลายชนิด เช่น geranial และ Neral เช่นเดียวกับรายงานวิจัยสารสกัดตะไคร้มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ เพื่อยับยั้งการวางไข่ของด้วงถั่วเขียว และด้วงถั่วเหลือง (Ketoh, 2000; Rajapake และคณะ, 1997) สำหรับน้ำมันหอมระเหยมะกรูดมีสารออกฤทธิ์ ได้แก่ β-citronellal และ linalool ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดของไทย และสารสกัดพลูมีสารออกฤทธิ์สำคัญ คือ caryophyllene และ germacrene D รองลงมา คือ α-cadinol, α-cubebene และ eugenol สำหรับสารสกัดพริกไทยดำ ได้จากการต้มกลั่น พบสารสำคัญ 20 ชนิด โดยสารสำคัญที่พบมาก ได้แก่ caryophyllene, 3-carene และ limonene เป็นสาร monoterpene และ sesquiterpene ซึ่งมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลง (Tapondjou และคณะ, 2005)

สำหรับน้ำมันหอมระเหยพลู มีสารประกอบฟีนอล โดยสารที่พบมากคือ Eugenol มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคและยังส่งผลต่อระบบประสาทของแมลง (Stichet และคณะ, 1981; Rawat และคณะ, 1989) นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากพลู มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ยีสต์ เชื้อแบคทีเรียแกรมบวก และแกรมลบ และสาร 1,8-cineloe ที่พบในน้ำมันหอมระเหยพลูสามารถไล่ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงงวงข้าว และด้วงถั่วเขียวได้ (Katerinopoulos และคณะ, 2005) น้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิดนี้จึงควรนำมาทดสอบกับด้วงงวงข้าวโพดในข้าวสารต่อไป

สรุปผล

น้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้ง 10 ชนิด มีปริมาณ %yield, refractive index (RI) และประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าวโพดต่างกัน โดยองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากชนิด พันธุ์ และส่วนของพืชที่นำมาใช้ รวมทั้งเทคนิคและสภาวะของการสกัดน้ำมันหอมระเหย น้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพดดีที่สุด คือ สารสกัดจากตะไคร้ มะกรูด พริกไทยดำ และพลู โดยมีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าวโพดอยู่ในระดับที่ 5 (ร้อยละ 80.1-100) ที่ทุกความเข้มข้น (1, 2, 4 และ8 μL/cm^2) อย่างไรก็ตามน้ำมันหอมระเหยโหระพา ทองหลาง ช้าพลู และขึ้นฉ่ายความเข้มข้น 8 μL/cm^2 มีประสิทธิภาพในการไล่ด้วงงวงข้าวโพดสูงกว่าร้อยละ 80 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ 5 เช่นเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

นิธยา รัตนาปนนท์, 2539, เคมีอาหาร, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 340 หน้า

Katerinopoulos, H.E., Pagona, G., Afratis, A., Stratigakis, N. and Roditakis, N., 2005, Composition and Insect Attracting Activity of the Essential Oil of Rosmarinus officinalis, Journal of Chemical Ecology, 31: 111-122.

Kerdchoechuen, O., Laohakunjit, N., Singkornard, S. and Matta, F.B., 2010, Essential Oils from Six Herbal Plants for Biocontrol of the Maize weevil, HortScience, 45: 592-598.

Ketoh, G.K., 2000, Evaluation of Essential Oils from Six Aromatic Plants in Togo for Callosobruchus Maculates F. Pest Control, Insect Science and its Application, 20(1): 45-49.

Rajapake, R.; Vamemden, H.F., 1997, Potential of Four Oils and Tem Botanical Powers for Reducing Infestation of Cowpeas by Callosobruchus maculatus, C. chinensis and C. rhodesianus, Journal of Stored Products Research, 33: 59-68.

Rawat, A.K.S., Tripathi, R.D., Khan, A.J. and Balasubrahmanyam, V.R., 1989, Essential Oil Components as Markers for Identification of *Piper betle* L. Cultivars, Biochemical Systematics and Ecology, 17(1): 35-38.

Stich, H.F., Stich, W. and Lam, P.P.S., 1981, Potentiation of Genotoxicity by Concurrent Application of Compounds Found in Betel Quid: Arecoline, Eugenol, Quercetin, Chlorogenic Acid and Mn^{2+}, Mutation Research/Genetic Toxicology, 90(4): 355-363.

Tapondjou, A.L., Adler, C., Fontem, D.A., Bouda, H. and Reichmuth, C., 2005, Bioactivity of Cymol and Essential Oil of Eucalyptus Saligna and Cupressus Sempervirens Against *Sitophilus Zeamais* Motschulsky and *Tribolium Confusum* du val, Journal of Stored Products Research, 41: 91-102.

Tognalina, M., Barocelli, E., Ballabeni, V., Bruni, R., Bianchi, A., Chiavarini, M. and Impicciatore, M., 2006, Comparative Screening of Plant Essential Oil: Phenylpropanoid Moiety as Basic Core for Antiplatelet Activity, Life Sciences, 78: 1419-1432.

Zapataa, N. and Smagghea, G., 2010, Repellency and Toxicity of Essential Oils from the Leaves and Bark of *Laurelia sempervirens* and *Drimys winteri* Against *Tribolium castaneum*, Industrial Crops and Products, 32: 405-410.

Table 1 % Yield of ten plant extracts/essential oils, color and refractive index

plant extracts	extraction	parts	(%yield) (w/dw)	refractive index (RI)
coriander seed	HD	seeds	0.686	1.457
lemon grass	HD	leaves stems	2.402	1.488
kaffir lime	HD	leaves	1.558	1.457
pepper seed	HD	seeds	1.113	1.479
sweet basil	SDE	leaves	1.132	1.506
betal vine	SDE	leaves	2.480	1.517
Indian coral tree	SDE	leaves	0.655	1.367
wildbetal leafbush	SDE	leaves	1.562	1.461
celery	SDE	leaves roots	2.678	1.371
garlic	SDE	bulbs	0.675	1.453

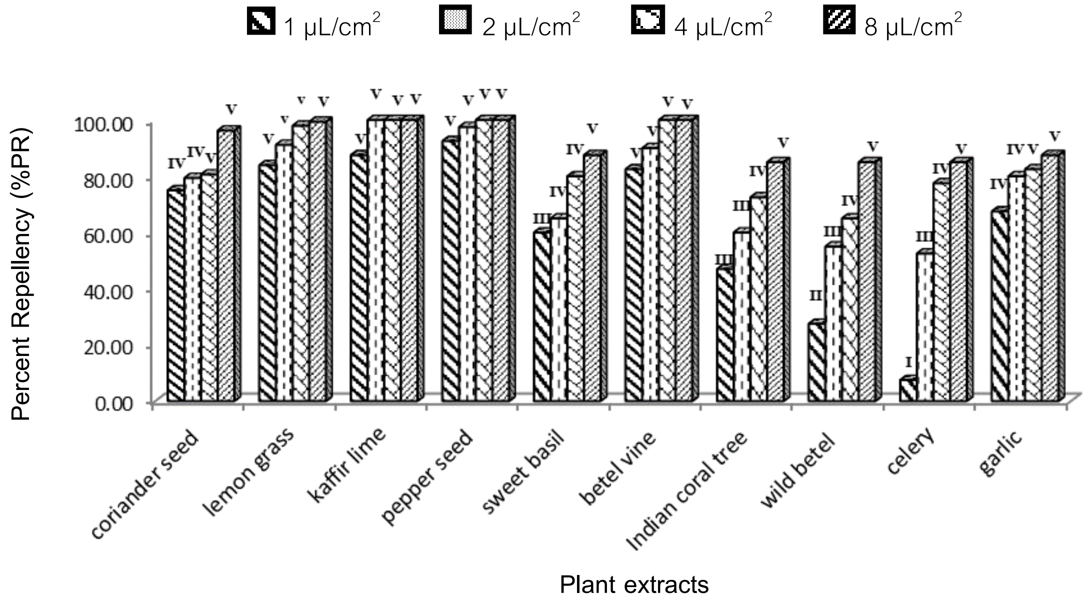


Figure 1 Repellent efficiency of volatile of oils from ten plants on *Sitophilus zeamais* Motschulsky

Repellent Class (V) = 80.1 – 100 %, (IV) = 60.1 – 80 %0, (III) = 40.1 – 60 %, (II) = 20.1 – 40 %, (I) = 0.1 – 20 %, (0) = PR < 0.1%

การนำใยหินมาใช้ซ้ำในดินผสมสำหรับปลูกไม้กระถาง

Reused Rockwool in Soil-based Growing Media for Pot Plant

ภาสันต์ ศารทูลทัต[1] ญานี พานทอง[1] ศุภธิดา อับดุลลากาซิม[1] และ ธีร์ หะวานนท์[1]

Saradhuldhat, P.[1], Panthong, Y.[1], Abdullakasim, S.[1] and Havananda, T.[1]

Abstract

Rockwool discarded from industrial insulator could be suitable as a medium for plant growing media. The research aimed to determine the proportion of rockwool in soil-based growing media on growth of periwinkle 'Tropic Peppermint'. The seedlings were transplanted into six-inch plastic pots filled with soil-based mix (top soil: coconut coir: rice charcoal: manure = 1:1:1:1 by volume) combined with rockwool for 0, 10, 20 or 30% (by volume). Water and fertilizer were routinely applied throughout the experiment designed as Completely Randomized Design with 3 replications. The plant growth, development, and biomass were examined. The results revealed that the plants grown in all treatments were similar in plant height. However, the plants grown in 10% rockwool were 15.9 cm in canopy width; and biomass for leaf and root were 1.96 and 0.37 g, respectively, which were significantly higher than those grown in the rest. The media were 7.4-8.2 in pH, 0.32-0.46 mS/cm of electrical conductivity and similar in water holding capacity. This indicates that rockwool can be reused by adding 10% into soil-based media for periwinkle potted plant.

Keywords: biomass, soil-base media, potted plant, growing media

บทคัดย่อ

ฉนวนใยหินกันความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมที่เลิกใช้งานแล้วแต่ยังมีสภาพดีอาจเหมาะที่จะนำใช้ร่วมกับดินผสมเพื่อปลูกไม้กระถางได้ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลของสัดส่วนใยหินที่ผสมกับดินปลูกพืชสวนต่อการเจริญเติบโตของต้นแพงพวยกระถาง 'Tropic Peppermint' โดยปลูกต้นกล้าลงในกระถางพลาสติกขนาด 6 นิ้ว ที่มีดินผสมพืชสวน (หน้าดิน:ขุยมะพร้าว:ถ่านแกลบ:ปุ๋ยคอก = 1:1:1:1 โดยปริมาตร) ร่วมกับใยหินสัดส่วน 0 10 20 30% ดูแลรดน้ำและให้ปุ๋ยเกล็ดสัปดาห์ละครั้งตลอดการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 ซ้ำ บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต การให้ดอก น้ำหนักแห้ง ผลการทดลองพบว่าต้นแพงพวยทุกสูตรดินผสมมีความสูงไม่ต่างกัน ต้นที่ปลูกในดินผสมใยหิน 10% มีทรงพุ่มกว้าง 15.9 ซม. น้ำหนักแห้งส่วนใบและราก 1.96 และ 0.37 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าต้นที่ปลูกในดินผสมสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ดินผสมมีค่า pH ในช่วง 7.4-8.2 ค่าการนำไฟฟ้าหลังปลูก 0.32-0.46 mS/cm ความจุความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการนำใยหินมาใช้ร่วมกับดินผสมในสัดส่วน 10% มีความเหมาะสมในการปลูกแพงพวยกระถางได้อย่างดี

คำสำคัญ: ชีวมวล ดินผสม ไม้กระถาง วัสดุปลูก

คำนำ

โรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งมีการใช้ใยหิน (rockwool) เป็นวัสดุฉนวนกันความร้อน ซึ่งนอกจากมีคุณสมบัติการเป็นฉนวนที่ดีแล้วยังมีความพรุนมากมีความคงทน อย่างไรก็ตามเมื่อครบกำหนดใช้งานแล้วจำเป็นต้องเปลี่ยน การกำจัดหลังการเปลี่ยนใหม่หรือนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นต่อไปเป็นปัญหาอย่างหนึ่ง แต่ด้วยมีคุณสมบัติการอุ้มน้ำ ระบายอากาศได้ดี สะอาด ใยหินจึงอาจเหมาะที่นำมาทำวัสดุปลูกพืช (อิทธิสุนทร, 2538) มีการผลิตขึ้นรูปให้เหมาะที่จะใช้เป็นวัสดุปลูกโดยไม่ต้องใช้ดินเช่นเดียวกับพีทมอสด้วย (วัฒนา, ม.ป.ป.; Hazan และคณะ, 1994) หรือใช้ในระบบ hydroponics การนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกพืชจะเป็นการนำใยหินไปใช้ให้เกิดประโยชน์อีกครั้งก่อนกำจัดหรือฝังกลบ

ในประเทศเนเธอร์แลนด์มีการใช้ใยหินเป็นวัสดุปลูกที่ให้ผลดีมาก นอกจากนั้นใยหินยังสามารถใช้เป็นวัสดุปลูกร่วมกับวัสดุอื่นได้ เช่น peatmoss, vermiculite, pine bark เป็นต้น โดยผสมใยหิน 20% โดยปริมาตร ทำให้ต้นเบญจมาศเจริญได้

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

ดี (William และ Paul, 1990) ในประเทศไทยมีการใช้ใยหินเพียงอย่างเดียวและการใช้ร่วมกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นๆ ผสมเป็นวัสดุปลูกมะเขือเทศและแคนตาลูปพบว่าพืชมีการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน (อิทธิสุนทร, 2554) การใช้ใยหินเหลือใช้ 10% ผสมกับดินผสมพืชสวน มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกสร้อยไก่เป็นไม้กระถางได้อย่างดี การใช้ในสัดส่วนที่มากกว่านี้มีแนวโน้มทำให้ต้นเจริญเติบโตได้น้อยลง (กาญจนา, 2556) ซึ่งอาจแสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของใยหินที่ใช้ผสมกับดินผสมมีความสำคัญต่อการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุปลูกหรือดินผสมด้วย

วัสดุปลูกไม้กระถางที่เป็นดินผสมหรือมีดินเป็นองค์ประกอบ (soil based media) ยังคงได้รับความนิยมอยู่ในประเทศไทย โดยเฉพาะดินผสมที่ทำขายเป็นถุงสำหรับผู้อยู่อาศัยในกรุงเทพฯ หรือเมืองใหญ่ แม้ว่าหน้าดินที่อุดมสมบูรณ์เริ่มหาได้ยากขึ้นเนื่องจากท้องนาที่เคยเป็นแหล่งหน้าดินในภาคกลางมีขนาดพื้นที่ลดลงก็ตาม ดินผสมแต่ละสูตรจำเป็นต้องผสมกับวัสดุอื่นๆ เพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชได้ดี ได้แก่ ความพรุนช่วยระบายอากาศ สามารถเก็บอุ้มน้ำไว้ให้กับพืช มีน้ำหนักเบา ขนย้ายสะดวก มีธาตุอาหารพืชพอเพียงหรือดูดซับไว้ได้ดี (de Swaef และคณะ, 2012)

ด้วยคุณสมบัติที่เหมาะสมของใยหินเหลือใช้ที่ยังมีสภาพดี จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำใยหินเหล่านี้มาทดสอบผสมร่วมกับดินผสมพืชสวนเพื่อใช้เป็นวัสดุปลูกไม้กระถาง ในการทดลองนี้ได้เลือกต้นแพงพวยซึ่งนิยมปลูกเป็นไม้กระถางได้ดีอีกชนิดหนึ่ง ความเหมาะสมของสัดส่วนใยหินอาจพิจารณาได้จากการเจริญเติบโตและชีวมวลของพืช การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลการเจริญเติบโตของต้นแพงพวย ‘Tropic Peppermint’ ปลูกในดินผสมพืชสวนที่มีใยหินสัดส่วนต่างๆ เป็นองค์ประกอบ

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเมล็ดแพงพวย ‘Tropic Peppermint’ ในตะกร้าใช้พีทมอส วางในโรงเรือนกันฝน รดน้ำและใส่ปุ๋ยเกล็ดสูตร 20-20-20 เข้มข้น 100 ppm สัปดาห์ละครั้ง เมื่อต้นกล้าอายุสองสัปดาห์และมีใบจริงสองคู่ย้ายต้นกล้าลงปลูก ต้นละหนึ่งกระถางขนาด 6 นิ้ว ที่มีดินผสมพืชสวน (หน้าดิน:ขุยมะพร้าว:ถ่านแกลบ:ปุ๋ยคอก = 1:1:1:1 โดยปริมาตร) ร่วมกับใยหินที่เลิกใช้แล้วแต่ยังอยู่ในสภาพดีในสัดส่วน 0 10 20 30% (โดยปริมาตร) ดูแลรดน้ำและให้ปุ๋ยเกล็ดสูตร 30-20-10 เข้มข้น 400 ppm 200 มล. สัปดาห์ละครั้งตลอดการทดลอง จัดวางกระถางต้นสร้อยไก่ไว้ในโรงเรือนที่ป้องกันน้ำฝนแต่ได้รับแสงอาทิตย์จัด ให้น้ำด้วยสายยางวันเว้นวัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 3 ซ้ำๆ ละ 3 กระถาง บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและการออกดอก ได้แก่ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนดอก น้ำหนักแห้งของต้น ราก และดอก เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น หลังสิ้นสุดการทดลอง

วิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดินผสม ได้แก่ ความหนาแน่น ค่าการนำไฟฟ้า และความเป็นกรด-ด่าง ทั้งก่อนและหลังการปลูก นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นแพงพวยเพิ่มขึ้นตลอดช่วงการเจริญเติบโต โดยความสูงเปลี่ยนแปลงน้อยลงที่ประมาณสัปดาห์ที่ 3-4 ต้นแพงพวยที่ปลูกในดินผสมทุกสูตรมีความสูงในแต่ละสัปดาห์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) โดยในสัปดาห์สุดท้ายต้นมีความสูงประมาณ 15 ซม. ต้นในดินผสมร่วมกับใยหิน 10% มีแนวโน้มสูงมากกว่าต้นในดินผสมสูตรอื่นเล็กน้อย การเจริญเติบโตด้านขนาดความกว้างทรงพุ่มมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นแพงพวยที่ปลูกในดินผสมใยหิน 10% มีขนาดทรงพุ่มกว้างมากที่สุดในทุกสัปดาห์ (Table 1) จำนวนใบ มีความแตกต่างตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนสิ้นสุดการทดลอง พบว่าแพงพวยที่ปลูกในดินผสมที่มีใยหิน 10% มีจำนวนใบมากที่สุด 47.6 ใบ ในขณะที่ต้นแพงพวยในดินผสมอื่นมี 40.1-43.7 ใบ (Table 2)

น้ำหนักแห้งของต้นแพงพวยเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับความสูงและจำนวนใบ เมื่อสิ้นสุดการทดลองต้นแพงพวยที่ปลูกในดินผสมร่วมกับใยหิน 10% มีน้ำหนักแห้งลำต้น ใบ ดอก และรากเป็น 0.75, 2.00, 0.31 และ 0.30 กรัมต่อต้น (Table 2) ซึ่งน้ำหนักแห้งใบมีค่ามากกว่าต้นจากดินผสมสูตรอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าต้นแพงพวยที่ปลูกในดินผสมร่วมกับใยหิน 10% มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นที่ปลูกในดินผสมอื่นๆ

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดินผสมใยหินในสัดส่วนต่างๆ พบว่าใยหินที่ผสมมากขึ้นทำให้ความหนาแน่นของดินผสมลดลงจาก 0.53 เป็น 0.46 ก./ซม.^{3} (Table 4) ดินผสมทุกสูตรหลังการใช้มีความหนาแน่นคงที่หรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงหลังการใช้ปลูกต้นแพงพวยแล้ว (Table 3) ความเป็นกรด-ด่างของดินผสมทุกชนิดใกล้เคียงกัน โดยก่อนใช้มีค่าระหว่าง 7.4-7.6 หลังใช้มีความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในทุกสูตรดินผสม

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองเห็นได้ว่าต้นแพงพวยที่ปลูกในดินผสมร่วมกับใยหิน 10% มีการเจริญเติบโตทางด้านความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ และมีน้ำหนักแห้งใบมากกว่าต้นที่ปลูกในดินผสมสูตรอื่นๆ ชี้ให้เห็นว่าต้นแพงพวยสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินผสมที่มีใยหินในสัดส่วน 10% และอาจมีความเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นวัสดุปลูกไม้กระถางอื่นๆ ได้ด้วย ผลการทดลองที่ได้นี้สอดคล้องกับรายงานการใช้ใยหินร่วมกับดินผสมพืชสวนเป็นวัสดุปลูกสร้อยไก่กิโมโนสีเหลืองที่พบว่าสัดส่วนใยหิน 10% มีความเหมาะสมทำให้ต้นสร้อยไก่เจริญเติบโตได้ดีที่สุด มากกว่าการผสมใยหินในสัดส่วนที่สูกว่านี้ (กาญจนา, 2556) และใกล้เคียงกับผลการทดลองของ William และ Paul (1990) ที่รายงานว่าต้นแตงกวาปลูกในวัสดุปลูกที่มีใยหิน 20% ร่วมกับ peatmoss, vermiculite, pine bark มีการเจริญเติบโตได้ดี การใช้ในสัดส่วนสูงอาจทำให้โครงสร้างวัสดุปลูกผสมนั้นเสียไป

คุณสมบัติของดินผสมแต่ละสูตร เช่น ความเป็นกรด-ด่าง และความจุความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าการนำไฟฟ้าและความหนาแน่นมีความแตกต่างกันเล็กน้อย อาจเป็นผลจากการผสมใยหินลงไป ซึ่งสัดส่วนที่ผสมอาจไม่มากพอที่จะเปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพ ค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุปลูกอาจมีผลต่อการนำธาตุอาหารไปใช้ของพืช สำหรับในการทดลองนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.17-0.36 mS/cm ซึ่งต่ำกว่าค่าระบุไว้โดย วิทยา (2523) ที่ 1.6 mS/cm ดินผสมใยหินนี้จึงมีความเหมาะสมสำหรับใช้ปลูกต้นแพงพวย

เห็นได้ว่าดินผสมร่วมกับใยหิน 10% มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุปลูกพืชทั่วไปหรือไม้กระถางอื่นๆ ซึ่งการตอบสนองของพืชแต่ละชนิดอาจมีความต่างกันบ้างเล็กน้อย

สรุปผล

จากผลการทดลองปลูกต้นแพงพวย 'Tropic Peppermint' ในกระถางที่มีดินผสมใยหินสัดส่วนต่างๆ พบว่าดินผสมใยหิน 10% ทำให้ต้นแพงพวยมีการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าดินผสมร่วมกับใยหินที่เลิกใช้งานแล้วมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุผสมเพื่อปลูกไม้กระถางได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัย จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย สำหรับความอนุเคราะห์ตัวอย่างใยหินในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา มาล้อม, 2556, การเจริญเติบโตของสร้อยไก่ 'Kimono yellow' ที่ปลูกในวัสดุผสมใยหิน, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม, 19 หน้า.

วัฒนา เสถียรสวัสดิ์, เทคนิคการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรพอนิกส์ ใน สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่มที่ 17 [สืบค้น], http://kanchanapisek.or.th/k6/New/sub/book/book.php?page=main&book=27 [14/ June/ 12].

วิทยา สุริยาภณานนท์, 2523, อาหารและเครื่องปลูกของพืชสวน, เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 188 หน้า.

อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2538, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics), ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ, 146 หน้า.

อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2554, การปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate culture), ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 100 หน้า.

De Swaef, T., Vervist, K., Comelis, W. and Steppe, K., 2012, Tomato Sap Flow, Stem and Fruit Growth in Relation to Water Availability in Rockwool Growing Medium, Plant and Soil, 350: 237-252.

Hazan, A., Zacks, M., Mezuman, A., Berg, Z. and Alkayim, A., 1994, Fertilizing Roses Grown on Rockwool, International Water and Irrigation, 14: 5-6.

William C.F. and Paul, V.N. 1990, Physical Properties and Plant Response to Rockwool Amended Media, Journal of American Society for Horticultural Science, 155(3): 375-381.

Table 1 Plant height and canopy size of the periwinkle grown in soil based media mixed with rockwool

Rock wool (%)	Plant height (cm)			Canopy size (cm)		
	WK2	WK3	WK4	WK2	WK3	WK4
0	11.13	13.21^{b}	15.33	14.95^{b}	15.67^{a}	15.68^{ab}
10	11.47	14.50^{a}	15.50	15.70^{a}	15.93^{a}	15.93^{a}
20	10.79	13.83^{b}	15.33	14.17^{c}	14.85^{b}	14.97^{c}
30	10.90	13.58^{b}	15.33	14.21^{c}	15.03^{b}	15.24^{bc}
F-test	ns	*	ns	**	**	**
C.V.(%)	8.74	7.67	6.60	5.75	5.57	5.38

*,** Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05, 0.01$)

Table 2 Leaf number and dry mass of the periwinkle grown in soil based media mixed with rockwool

Rockwool (%)	Leaf number	Dry weight (g/plant)			
		Shoot	Leaf	Flower	Root
0	43.5^{b}	0.74	1.74	0.25	0.37
10	47.6^{a}	0.75	2.00	0.31	0.30
20	40.1^{c}	0.72	1.72	0.22	0.31
30	43.7^{b}	0.73	1.75	0.28	0.30
F-test	**	ns	*	ns	*
C.V.(%)	21.87	15.81	9.05	28.60	14.25

*,** Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05, 0.01$)

Table 3 The EC and pH of soil based media mixed with rock wool before and after planted with the periwinkle

Rockwool (%)	EC (mS/cm)		pH	
	Before	After	Before	After
0	0.34^{bc}	0.33^{b}	7.38	7.89
10	0.41^{ab}	0.24^{c}	7.42	8.02
20	0.32^{c}	0.17^{d}	7.57	7.60
30	0.46^{a}	0.36^{a}	7.55	8.02
F-test	**	**	ns	ns
C.V.(%)	4.13	4.89	5.45	4.67

*,** Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05, 0.01$)

Table 4 The density and water content of media mixed with rockwool before and after planted with the periwinkle

Rockwool (%)	Density (g/cm^{3})		Water content (%)	
	Before	After	Before	After
0	0.53^{a}	0.54^{ab}	52.44	54.66
10	0.55^{a}	0.59^{a}	51.38	55.69
20	0.52^{ab}	0.51^{b}	42.98	51.33
30	0.46^{b}	0.48^{b}	51.04	56.07
F-test	*	*	ns	ns
C.V.(%)	4.53	3.91	8.24	11.18

*,** Mean in the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05, 0.01$)

ความสัมพันธ์ระหว่างความพองและสมบัติด้านความหนืดของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6

Correlation between Puffabilty and Pasting Properties of RD6 Glutinous Rice

เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์[1]
Apintanapong, M.[1]

Abstract

Puffability is one of the most important characteristics of rice snacks and cracker products made from glutinous rice. However, it is unpredictable due to differences in the quality of its component materials. In this study, puffability was determined as degree of puffing, correlation and multiple regression analyses were done to predict degree of puffing using pasting properties from rapid visco analyzer (RVA) measurements. Correlation analysis showed that degree of puffing negatively correlated with Peak viscosity (P), Trough (T), Consistency (C), Final viscosity (F), Setback (S) and Peak time (PT) with Pearson correlation coefficients equal to -0.694, -0.906, -0.884, -0.932, -0.721 and -0.939, respectively. An optimized mathematical model, which characterized the relationships between degree of puffing and pasting properties, has been established. The degree of puffing was treated as the dependent variable (Y), and pasting properties as the independent variables. The full established stepwise multiple regression equation was Y = 14.787-0.004C-2.178PT, with an R^2 value of 0.973. For backward elimination, the full model was Y = 13.678+0.001P+0.001T+0.001B-0.003C-1.861PT, with an R^2 value of 0.977.

Keywords: RD6 glutinous rice, pasting properties, puffability, multiple regression

บทคัดย่อ

ความพองเป็นหนึ่งในสมบัติหนึ่งที่สำคัญที่สุดของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวและแครกเกอร์ที่ผลิตจากข้าวเหนียว อย่างไรก็ตามความพองของผลิตภัณฑ์ไม่สามารถทำนายได้เนื่องจากความแตกต่างของคุณภาพของวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบ ในการศึกษานี้ความพองถูกวัดในรูปอัตราการพองและถูกนำมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอยเชิงพหุกับสมบัติด้านความหนืดที่วัดโดยเครื่อง RVA เพื่อทำนายอัตราการพองจากสมบัติด้านความหนืด ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์พบว่าอัตราการพองมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่า Peak viscosity (P) Trough (T) Consistency (C) Final viscosity (F) Setback (S) และ Peak time (PT) โดยมีค่า Pearson correlation coefficients เท่ากับ -0.694 -0.906 -0.884 -0.932 -0.721 และ -0.939 ตามลำดับ ในการศึกษามีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการพองและสมบัติด้านความหนืด โดยอัตราการพองถูกนำมาใช้เป็นตัวแปรตาม (Y) และสมบัติด้านความหนืดเป็นตัวแปรอิสระ สมการที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุโดยใช้ stepwise regression คือ Y = 14.787-0.004C-2.178PT มีค่า R^2 เท่ากับ 0.973 ในขณะที่สมการจาก backward elimination คือ Y = 13.678+0.001P+0.001T+0.001B-0.003C-1.861PT มีค่า R^2 เท่ากับ 0.977

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 สมบัติด้านความหนืด ความพอง การถดถอยเชิงพหุ

Introduction

Glutinous rice (*Oryza sativa*), also called waxy or sweet rice, is characterized chiefly by its lack of amylose in the starch (Bean *et al*., 1984). It is commonly used in the preparation of baked or popped snacks because it expands readily and produces a more porous texture. Understanding the mechanism of expansion is important in order to produce high quality rice snacks and cracker products. Goodman and Rao (1983) showed that the expansion of rice correlated to several of the physicochemical parameters. The high negative correlation with alkali spreading value may indicate an increase in puffing with a decrease in rice kernel porosity. Keeratipibul *et al.* (2008) reported that amylose content extremely influenced the volume expansion of glutinous

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพฯ 10400

[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vibhavadee-Rangsit Road, Dindaeng, Bangkok 10400

rice cracker inversely. Jomduang and Mohamed (1994) also indicated that rice flour with higher amylose content yielded traditional Thai rice-based snack of less volume expansion. However, Chinnaswamy (1993) stated that not only the amylose content of the flour that contributed to the expansion of the snack, but also its molecular structure, such as the arrangement of branched fractions of amylopectin. As reported by Noomhorm *et al.* (1997), volume expansion of rice crackers made from RD6 and RD8 cultivars tended to decrease during storage which resulted in an increase in the hardness of the crackers. Therefore, the objective of the present study was to determine puffability of RD6 glutinous rice in term of degree of puffing. Accelerated aging of RD6 glutinous rice was done using heat treatment to obtain different pasting properties. The correlation and multiple regression analyses were done to predict degree of puffing using pasting properties from RVA measurements obtained from RD6 glutinous rice.

Materials and methods

Accelerated aging: Chiang Rai grown rice variety RD6 was purchased and used in experiment. To obtain RD6 milled glutinous rice with different pasting properties, accelerated aging was done in closed container at 60^{o}C for 0, 1, 2, 3, 4 and 5 days. The moisture, amylose and protein contents of milled glutinous rice were determined.

Degree of puffing: Each sample was fully gelatinized by cooking in excess water, air dried to an equilibrated moisture content between 11 and 13%, and puffed by taking measured volumes and placing them in vegetable oil at 240^{o}C for 8-10 seconds (Goodman and Rao, 1983). Degree of puffing was determined by dividing the original volume of 10 grams of the cooked, dried rice into the puffed volume of the same sample.

Pasting properties: Pasting properties of glutinous rice flour was determined using a Rapid Visco Analyzer, RVA (Newport Scientific, model Super 3). A plot of the pasting viscosity (cP) versus time was used to determine Peak viscosity (P), Trough (T), Consistency (C), Final viscosity (F), Setback (S), Peak time (PT) and Gelatinization temperature.

Predictive model: The correlation and multiple regression analyses were done to predict degree of puffing using pasting properties from RVA measurements.

Results and Discussion

The RD6 glutinous rice used in the experiment had 11.18, 6.52 and 7.45 % of moisture content, amylose and protein contents, respectively. Changes of the rice physical properties due to thermal treatment were observed via the pasting properties as shown in Table 1. All pasting properties tended to increase with heating time except Breakdown. The increase in Peak viscosity, Final viscosity and Setback is in agreement with the reported results of some previous studies that used conventional aging (Villareal *et al.*, 1976; Perez *et al.*, 1979; Bean *et al.*, 1984). However, this result seemed to contradict the results of some previous studies that used conventional storage (Noomhorm *et al.*, 1997; Jaisut *et al.*, 2009). Soponronnarit *et al.* (2008) found that high-temperature drying could change the pasting properties of rice, i.e., Peak viscosity and Setback. Noomhorm *et al.* (1997) reported that the ability of starch granules to rupture after cooking reduced (as indicated by the decrease in Breakdown viscosity) significantly by aging of the granules.

In Table 1, the degree of puffing tended to decrease with heating time that used to accelerate aging effect. This was found to be similar with Noomhorm *et al.* (1997) who reported that rice cracker made from glutinous rice (RD6 and RD8) stored for four months has significantly lower volume expansion compared to rice stored for two months.

Correlation analysis (Table 2) showed that degree of puffing negatively correlated with Peak viscosity (P), Trough (T), Consistency (C), Final viscosity (F), Setback (S) and Peak time (PT) with Pearson correlation coefficients equal to -0.694, -0.906, -0.884, -0.932, -0.721 and -0.939, respectively. Goodman and Rao (1983)

showed that the expansion of rice was correlated to several of the physicochemical parameters. The high negative correlation with alkali spreading value may indicate an increase in puffing with a decrease in rice kernel porosity. Keeratipibul *et al.* (2008) reported that only amylograph consistency of Thai glutinous rice negatively correlated with the volume expansion. They reported that amylose content was the main property affecting the differences of other physicochemical properties including pasting property and thermal properties. Its linear regression equation was Y = (-16.198) X+ 319.961 (Y= volume expansion, X= amylose content).

Multiple linear regression analysis (Table 3) was performed to determine the relationship between degree of puffing with seven quality traits (i.e. Peak viscosity, Trough, Breakdown, Consistency, Final viscosity, Setback, and Peak Time). An optimized mathematical model, which characterized the relationships between degree of puffing and pasting properties, has been established. The degree of puffing was treated as the dependent variable (Y), and pasting properties as the independent variables. The full established stepwise multiple regression equation was Y = 14.787-0.004C-2.178PT, with an R^2 value of 0.973. For backward elimination, the full model was Y = 13.678+0.001P+0.001T+0.001B-0.003C-1.861PT, with an R^2 value of 0.977.

Summary

Changes of pasting properties due to heating treatment were observed and all pasting properties tended to increase with heating time except Breakdown. In contrast, the degree of puffing tended to decrease with heating time. In correlation analysis, negative correlation was found in the relationship between degree of puffing and pasting properties except breakdown. The predictive modeling can be established from backward and stepwise multiple regression with very high values of R^2.

Literature Cited

Bean, M.M., Esser, C.A. and Nishita, K.D., 1984, Some Physicochemical and Food Application Characteristics of California Waxy Rice Varieties, Cereal Chemistry, 61(6): 475-480.

Chinnaswamy, R., 1993, Basis of Cereal Starch Expansion, Carbohydrate Polymer, 21: 157-167.

Goodman, D.E. and Rao, R.M., 1983, Experimentally Validated Predictive Models for Puffability of Gelatinized Rice, Bulletin No. 753, Louisiana: Lousiana State University Agricultural Center, 24 p.

Jaisut, D., Prachayawarakorn, S., Varanyanond, W., Tungtrakul, P. and Soponronnarit, S., 2009, Accelerated Aging of Jasmine Brown Rice by High-temperature Fluidization Technique, Food Research International, 42: 674-681.

Jomduang, S. and Mohamed, S.,1994, Effect of Amylose/amylopectin Content, Milling Methods, Particle Size, Sugar Salt and Oil on the Puffed Product Characteristics of a Traditional Thai Rice-based Snack Food (Khao Kriap Waue), Journal of the Science of Food and Agriculture, 65: 85-93.

Keeratipibul, S., Luangsakul, N. and Lertsatchayarn, T., 2008, The Effect of Thai Glutinous Rice Cultivars, Grain Length and Cultivating Locations on the Quality of Rice Cracker (Arare), Food Science and Technology, 41(10): 1934-1943.

Noomhorm, A., Kongseree, N. and Apintanapong, M., 1997, Effect of Aging on the Quality of Glutinous Rice Crackers, Cereal Chemistry, 74(1): 12-15.

Perez, C.M. and Juliano, B.0., 1978, Modification of the Simplified Amylose Test for Milled Rice, Starch/Starke 30: 424-426.

Soponronnarit, S., Chiawwet, M., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P. and Taechapairoj, C., 2008, Comparative Study of Physicochemical Properties of Accelerated and Naturally Aged Rice, Journal of Food Engineering, 85: 268–276.

Villareal, R.M., Resurreccion, A.P., Suzuki, L.B. and Juliano, B.O., 1976, Changes in physicochemical properties of rice during storage, Starch/Starke, 28:88-94.

Table 1 Pasting properties from RVA measurement and degree of puffing at different heating time.

heating time (day)	P	T	B	C	F	S	PT	P Temp	degree of puffing
0	1703±164	789±66	913±124	207±49	996±130	-706±90	3.72±0.11	67.07±3.56	5.90±0.01
1	2139±80	1246±52	918±82	288±34	1508±46	-630±108	3.94±0.07	67.60±4.39	5.34±0.05
2	2448±97	1321±86	1127±109	324±54	1645±55	-803±80	4.06±0.08	67.85±3.92	4.67±0.05
3	2549±106	1519±45	1029±109	415±39	1935±38	-614±75	4.08±0.06	67.13±3.98	4.34±0.02
4	2370±77	1520±57	850±70	416±60	1936±62	-434±56	4.33±0.09	67.28±3.46	3.89±0.01
5	2259±92	1597±63	661±127	450±26	2047±14	-211±102	4.44±0.09	68.07±4.79	3.36±0.03

Each value in the table is the average of three replicates (mean ± standard deviation).

P = Peak viscosity (cP), T = Trough (cP), B = Breakdown (cP), C = Consistency (cP), F = Final viscosity,

S = Setback (cP), PT = Peak Time (min), P Temp = Gelatinization temperature (˚C)

Table 2 Pearson correlation coefficients between pasting parameters and degree of puffing.

	P	T	B	C	F	S	PT	degree of puffing
P	1	.823**	.368	.749**	.821**	.036	.543**	-.649**
T		1	-.171	.888**	.967**	.540*	.823**	-.906**
B			1	-.171	-.218	-.896**	-.496*	.394
C				1	.937**	.591**	.767**	-.884**
F					1	.601**	.865**	-.932**
S						1	.752**	-.721**
PT							1	-.939**
degree of puffing								1

P = Peak viscosity (cP), T = Trough (cP), B = Breakdown (cP), C = Consistency (cP), F = Final viscosity,

S = Setback (cP), PT = Peak Time (min)

*, ** Correlation is significant at the 0.05 and 0.01 level, respectively.

Table 3 Multiple Regression Formulas between degree of puffing and pasting parameters.

Backward Multiple Regression:

Multiple regression Formulas[a]	Multiple R^2	Multiple R	F-Ratio	P[b]
1. Y = 13.678+0.001P+0.001T+0.001B-0.003C-1.861PT	0.977	0.955	51.176	**
2. Y = 13.513+0.001P+0.001T-0.003C-1.815PT	0.977	0.955	69.207	**
3. Y = 14.269+0.001T-0.003C-1.956PT	0.976	0.953	94.170	**
4. Y = 14.786-004C-2.178PT	0.973	0.940	134.386	**

Stepwise Multiple Regression (same as Forward Multiple Regression):

Multiple regression Formulas[a]	Multiple R^2	Multiple R	F-Ratio	P[b]
1. Y = 17.815-3.230PT	0.939	0.882	119.072	**
2. Y = 14.787-0.004C-2.178PT	0.973	0.947	134.386	**

[a] Y = Degree of puffing, P = Peak viscosity (cP), T = Trough (cP), B = Breakdown (cP), C = Consistency (cP),

F = Final viscosity, S = Setback (cP), PT = Peak Time (min)

[b] ** and * = P < 0.01 and 0.05, respectively.

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 37-40 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 37-40 (2556)

องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่ผ่านการลดความฝาดที่สกัดด้วย SC-CO_2

Physico-chemical Volatile Compound of *Litsea* sp. Extracted by SC-CO_2

นลินี พูลพิพัฒน์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Pulpipat, N.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The essential oil from *Litsea* sp. removal astringent by 95% carbon dioxide gas for 4 days extracted by supercritical carbon dioxide (SC-CO_2) at various pressures (200, 300, 400 bar) and temperature at 35, 45°C was conducted. Essential oil has light yellow color. Refractive index ranged from 1.36 to 1.37 L*, a* and b* value were 66.59 to 69.12, (-0.73) to (-4.06), 2.23 to (-25.43), respectively. It was found 11 volatile compounds identified by Gas Chromatography Mass spectrometry. However, the best extraction pressure and temperature was at 300 bar and 45 ºC. The best condition gave the highest yielded of essential oil and volatile compounds included (Z)-geraniol, 2-nonanone, 2-nonanol, undec-10-en-2-one, 2-undecanone, alpha-cubebene, alpha-copaene, caryophyllene, aromadendrene, tridec-12-en-2-one and (E)-farnesol which their % relative peak areas were 10.48, 2.24, 6.19, 38.54, 9.79, 2.89, 4.92, 2.74, 8.95, 10.11 and 3.15, respectively. Odor descriptions of the volatile compounds from *Litsea* sp. oil were fresh green, fruit and sweet.

Keywords: carbondioxide, Thummang *Listea* sp., essential oil, SC-CO_2

บทคัดย่อ

ใบทำมัง (*Litsea* sp.) ที่ผ่านกระบวนการลดความฝาดโดยการบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 เป็นระยะเวลา 4 วัน นำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยซุปเปอร์คริติคอลคาร์บอนไดออกไซด์ (SC-CO_2) แปรความดัน 200, 300 และ 400 บาร์ อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส น้ำมันหอมระเหยจากการสกัดมีสีเหลืองอ่อน มีค่าดัชนีการหักเหของแสงระหว่าง 1.36 ถึง 1.37 มีค่า L*, a* และ b* อยู่ในช่วง 66.59 ถึง 69.12, (-0.73) ถึง (-4.06) และ 2.23 ถึง (-25.43) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟฟี-แมสสเปกโตรมิทรี พบว่ามีสารหอมระเหย 11 ชนิด แต่การสกัดที่ความดัน 300 บาร์ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณร้อยละผลผลิตและพบจำนวนชนิดสารหอมระเหยสูงที่สุด ได้แก่ (Z)-geraniol, 2-nonanone, 2-nonanol, undec-10-en-2-one, 2-undecanone, alpha-cubebene, alpha-copaene, caryophyllene, aromadendrene, tridec-12-en-2-one และ (E)-farnesol โดยมีค่า % relative peak area เท่ากับ 10.48, 2.24, 6.19, 38.54, 9.79, 2.89, 4.92, 2.74, 8.95, 10.11 และ 3.15 ตามลำดับ และมีลักษณะกลิ่นเป็น fresh green, fruit และ sweet ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของกลิ่นใบทำมัง

คำสำคัญ: คาร์บอนไดออกไซด์ ทำมัง น้ำมันหอมระเหย ซุปเปอร์คริติคอลคาร์บอนไดออกไซด์

คำนำ

ทำมัง (*Litsea* sp.) อยู่ในสกุล Litsea วงศ์ Lauraceae ไม้ในวงศ์นี้มีอยู่ถึง 400 ชนิด ที่รู้จักกันดี ได้แก่ อบเชย สะทิด ทัง บง เป็นต้น ประเทศไทยมีถิ่นกำเนิดและกระจายพันธุ์อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ ส่วนของใบ เปลือก ลำต้น และเนื้อไม้ของต้นทำมังมีกลิ่นคล้ายแมลงดานา จึงนิยมนำมาผสมในน้ำพริก นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณทางยาใช้ขับลม แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ จุกเสียด และบำรุงประสาท ณภัทร (2551) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบทำมังมีกลิ่นแมลงดานา แต่มีรสขมและฝาด ซึ่งรสชาติฝาดขม (astringent) อาจเกิดจากการที่มีปริมาณแทนนิน อย่างไรก็ตามปริมาณแทนนินสามารถทำให้ลดลงได้ด้วยการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ เช่น guar gum, xanthan, arabic และ carboxymethylcellulose (CMC) (Taira, 1997; Troszynska, 2002) หรือการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (Arnal, 2003; Salvador, 2008) มีงานวิจัยที่ศึกษากระบวนการลดความฝาดที่เกิดจากแทนนินโดยมีการใช้สารในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์และการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ เช่น การรมผลพลับด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าความฝาดในผลพลับลดลง (ณัฐพล, 2551) ในการสกัดน้ำมันหอม

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tein-talay 25 Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ระเหยจากใบทำมังพบสารหอมระเหยหลักคือสาร undec-10-en-2-one, 2-tridecanone และ undecanal มีลักษณะกลิ่นแบบ citrus, wood spice และ fresh green ซึ่งมีกลิ่นเหมือนแมลงดานาธรรมชาติ (ณภัทร, 2551) แต่สาโรจน์ (2537) สกัดน้ำมันหอมระเหยใบทำมังพบว่ามีกลิ่นคล้ายแมลงดานาและสารหอมระเหย คือ 2-nonanone, 11-dodecen-2-one, และ undecanone แต่สารสกัดที่ได้มีสีเข้ม เกิด wax ระหว่างกระบวนการสกัด เนื่องจากตัวทำละลายสามารถสกัดรงควัตถุ และการสกัดด้วยวิธีต้มกลั่นและวิธีกลั่นพร้อมสกัด อาจทำให้สารสำคัญบางชนิดเกิดการเสียสภาพ จากการได้รับความร้อน (Grosso, 2009) ปัจจุบันมีวิธีการสกัดสารโดยใช้ซุปเปอร์คริติคอลคาร์บอนไดออกไซด์ (supercritical carbondioxide; SC-CO_2) เป็นการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลายโดยที่ความดัน และอุณหภูมิเหนือจุดวิกฤต ทำให้ตัวทำละลายมีความหนาแน่นคล้ายของเหลว ความหนืดต่ำ จึงมีความสามารถในการละลาย และซึมผ่านสารต่างๆ ได้ดี ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์สกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบทำมังที่ผ่านการลดความฝาดด้วยการบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 เป็นระยะเวลา 4 วัน โดยวิธี SC-CO_2 และวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบสารหอมระเหยน้ำมันหอมระเหยใบทำมัง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง นำทำมัง (*Litsea* sp.) จากจังหวัดสุราษฎร์ธานี ใช้ส่วนใบตั้งแต่ใบอ่อนจากปลายยอดลงมาประมาณ 60 เซนติเมตร ล้างน้ำให้สะอาดผึ่งลมให้แห้งสนิท ชั่งตัวอย่างใบทำมัง 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกขนาด 28x40 เซนติเมตร เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 นาที ปิดปากถุงให้สนิท บ่มเป็นระยะเวลานาน 4 วัน control คือ ใบทำมังที่ไม่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาบดลดขนาดใช้ในการสกัดน้ำมันหอมระเหย

การสกัดน้ำมันหอมระเหยใบทำมังด้วย SC-CO_2 นำทำมังที่เตรียมไว้ 20 กรัม (น้ำหนักแห้ง) บรรจุลงในหลอดแก้วสกัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร จากนั้นนำหลอดการสกัดใส่ลงในหน่วยการสกัดของเครื่อง SC-CO_2 โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลาย กำหนดอัตราการไหล 2 มิลลิลิตรต่อนาที แปรความดันที่ 200, 300 และ 400 บาร์ อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บน้ำมันหอมระเหยใบทำมังในขวดสีชาขนาด 20 มิลลิลิตร ในเอทานอลร้อยละ 99.99 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ น้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่ได้นำมาวิเคราะห์ ปริมาณร้อยละผลผลิต (%yield) ค่าการหักเหของแสง (refractive index; RI) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง hand held refractometer (ATAGO รุ่น R-5000, USA) ค่าสีของน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่องวัดสี (chromameter) (Hunter L, a, b รุ่น mini scan EZ) ค่าการหมุนจำเพาะของสาร (optical rotation) (ATAGO รุ่น POLAX-2L) และวิเคราะห์องค์ประกอบของสารหอมระเหย ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS) (Agilent GC 7890A, MSD 5975C, USA) ชนิดคอลัมน์ DB-5MS แบบ capillary (ยาว 30 เมตร x เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร x หนา 0.25 ไมโครเมตร) ฉีดสารละลาย 0.5 ไมโครลิตร แบบ spitless อุณหภูมิคอลัมน์เริ่มต้น 70 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 4 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 100 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 2 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่ง 140 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่ง 240 องศาเซลเซียส ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา วิเคราะห์ด้วย MSD mass range ตั้งแต่ 40-450 m/z โดยใช้ electron impact mode (EI mode) ที่ภาวะเครื่อง 70 eV อุณหภูมิ filament aux 270 องศาเซลเซียส บ่งชี้คุณลักษณะของสารเทียบกับ Wiley 275 และ NIST Library ที่ %quality match ร้อยละ 80 คำนวณ retention time index (RI) เทียบกับสารมาตรฐานอัลเคน (C_8-C_{20} alkane) วางแผนการทดลองแบบ 3x2 Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ใช้โปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

น้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่ผ่านการลดความฝาดที่สกัดด้วยวิธี SC-CO_2 แปรความดัน 200, 300, 400 บาร์ อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที พบว่าน้ำมันหอมระเหยใบทำมังทุกภาวะการสกัดมีปริมาณร้อยละผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยใบทำมังมีค่าระหว่างร้อยละ 2.56 ถึง 3.60 (โดยน้ำหนักแห้ง) และมีค่าดัชนีการหักเหคลื่นแสงอยู่ระหว่าง 1.36 ถึง 1.37 ตามลำดับ ($p>0.05$) โดยน้ำมันหอมระเหยใบทำมังมีสีเหลืองใส ค่า L*, a* และ b* อยู่ในช่วง 66.59 ถึง 69.12, (-0.73) ถึง (-4.06) และ 2.23 ถึง (-25.43) ตามลำดับ ซึ่งน้ำมันหอมระเหยใบทำมังมีค่าความบริสุทธิ์ใกล้เคียงกันแม้ว่าจะเพิ่มความดันและอุณหภูมิในการสกัด มีค่าการหมุนจำเพาะเป็นลบอยู่ในช่วง (-25.32) ถึง (-30.77) ตามลำดับ ($p\leq0.05$) (Table 1) แสดงว่าคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยใบทำมังเป็นลักษณะ L-isomer สอดคล้องกับงานวิจัยของสาโรจน์ (2537) และ ณภัทร (2551) ที่สกัดน้ำมันหอมระเหยใบทำมังด้วยการกลั่นด้วยไอน้ำและการต้มกลั่น พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีค่าการหมุนจำเพาะเป็นค่าลบ

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่ผ่านการลดความฝาด พบสารหอมระเหย 11 ชนิด โดยการสกัดที่ความดัน 300 บาร์ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณร้อยละผลผลิตและพบจำนวนชนิดสารหอมระเหยสูงที่สุด ได้แก่ (Z)-geraniol, 2-nonanone, 2-nonanol, undec-10-en-2-one, 2-undecanone, alpha-cubebene, alpha-copaene, caryophyllene, aromadendrene, tridec-12-en-2-one และ (E)-farnesol โดยมีค่า % relative peak area เท่ากับ 10.48, 2.24, 6.19, 38.54, 9.79, 2.89, 4.92, 2.74, 8.95, 10.11 และ 3.15 ตามลำดับ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหอมระเหยใบทำมัง (control) สกัดที่ความดัน 300 บาร์ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบสารหอมระเหยที่สำคัญ 18 ชนิด การพบชนิดของสารหอมระเหยลดลงอาจเนื่องมาจากชนิดของสารหอมระเหยหายไปตั้งแต่การลดความฝาดก่อนการสกัดสารหอมระเหย โดยน้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่ผ่านการลดความฝาดมีลักษณะกลิ่นเป็น fresh green, fruit และ sweet ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของกลิ่นใบทำมัง ในงานวิจัยนี้พบสารหอมระเหยหลักจากน้ำมันหอมระเหยใบทำมัง คือ 2-nonanone, 2-nonanol, 2-undecanone ซึ่งมี odor description แบบ citrus, green, wood, spice และ sweet เป็นลักษณะสำคัญของกลิ่นแมลงดานา (สาโรจน์, 2537 และ ณภัทร, 2551) ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยใบทำมังเมื่อเพิ่มความดันและอุณหภูมิ ทำให้น้ำมันหอมระเหยที่ได้มีปริมาณสารหอมระเหยทั้ง 11 ชนิด เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนสถานะเป็นของไหลมีสมบัติในการละลาย การแพร่กระจายเพิ่มขึ้น จึงมีความสามารถสกัดสารหอมระเหยได้ดี (Ahmed และคณะ, 2011)

สรุปผล

การสกัดน้ำมันหอมระเหยใบทำมังที่ผ่านกระบวนการลดความฝาดโดยการบ่มด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 95 เป็นระยะเวลา 4 วัน ที่สกัดด้วย SC-CO_2 ที่ความดัน 300 บาร์ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบปริมาณสารหอมระเหยสูงสุด โดยสารหอมระเหยหลักที่พบในปริมาณมาก ได้แก่ 2-nonanone, 2-nonanol, undec-10-en-2-one, 2-undecanone, tridec-12-en-2-one และ (E)-farnesol

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

สาโรจน์ ปัญญามงคล, 2537, การสกัดน้ำมันหอยระเหยจากใบและกิ่งต้นทำมัง *Litsea petiolata* Hook.f. เพื่อใช้เป็นสาร แต่งกลิ่นรสอาหาร, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยีทางอาหาร), คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 60 หน้า

ณภัทร พิมพ์ผะกา, 2551, การศึกษาวิธีการสกัดสารปรุงแต่งกลิ่นรสแมลงดานาจากต้นทำมัง (*Litsea petiolata*), วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 121 หน้า.

Ahmed, D.M., Yousef, A.R.M. and Sarrwy, S.M.A., 2011, Modified Atmosphere Packaging for Maintaining Quality and Shelf Life Extension of Persimmon Fruits, Asian Journal of Agricultural Sciences, 3(4): 308-316.

Arnal, L. and Del-Rio, M.A., 2003, Removing Astringency by Carbon Dioxide and Nitrogen Enriched Atmospheres in Persimmon Fruit cv. Rojo brillante, Journal of Food Science, 68: 1516-1518.

Pourmortazavi, S.M. and Hajimirsadeghi, S.S., 2007, Supercritical Fluid Extraction in Plant Essential and Volatile Oil Analysis: A review, Journal of Chromatography, 1163: 2-24.

Salvador, A., 2007, Physiological and Structural Changes During Ripening and Deastringency Treatment of Persimmon Fruit cv. Rojo brillante, Postharvest Biology and Technology, 46: 181-188.

Salvador, A., Arnal, L., Besada, C., Larrea, V., Hernando, I. and Perez-Munuera, I., 2008, Reduced Effectiveness of The Treatment for Removing Astringency in Persimmon Fruit when Stored at 15˚C: Physiological and Microstructural Study, Postharvest Biology and Technology, 49: 340-347.

Taira, S., Ono, M. and Matsumoto, N., 1997, Reduction of Persimmon Astringency by Complex Formation between Pectin and Tannins, Postharvest Biology and Technology, 12: 265-271.

Troszynska, A. and Ciska, E., 2002, Phenolic Compounds of Seed Coats of White and Coloured Varieties of Pea (*Pisum sativum* L.) and Their Total Antioxidant Activity, Czech Journal of Food Sciences, 20: 15-22.

Table 1 Physical properties of essential oil extracted by SC-CO_2 from *Litsea* sp. removed astringency by 95% carbon dioxide gas for 4 days

Pressure (Bar)	Temperature (°C)	% Yield	Refractive index	Color L*	Color a*	Color b*	Optical rotation
200	35	3.12	1.36	68.99^{b}	-0.73^{b}	2.62^{d}	-29.15^{b}
	45	2.56	1.37	66.59^{c}	-0.46^{d}	2.43^{e}	-25.32^{c}
300	35	3.13	1.37	68.89^{b}	-0.84^{a}	3.28^{b}	-28.63^{b}
	45	3.00	1.37	69.12^{a}	-0.62^{c}	2.23^{f}	-30.77^{a}
400	35	3.19	1.36	68.81^{b}	-0.82^{a}	2.84^{c}	-30.57^{a}
	45	3.09	1.36	68.80^{b}	-0.32^{e}	3.56^{a}	-30.51^{a}
	F-test	ns	ns	*	*	*	*
	LSD	0.67	0.30	5.16	0.81	0.24	6.15
	C.V. (%)	6.52	0.32	5.95	0.96	9.71	8.04

ns mean in the same column are significant difference ($p>0.05$)
* mean the letters in the same column are significant difference ($p\leq0.05$)
a,b,c, …means within a column with different superscripts are significant difference ($p\leq0.05$)

Table 2 Volatile compounds of essential oil from *Litsea* sp. removed astringency by 95% carbon dioxide gas for 4 days extracted by SC-CO_2

Volatile compounds	RI*	%relative peak area control 300 bar 45°C	deastringency 200 bar 35°C	deastringency 200 bar 45°C	deastringency 300 bar 35°C	deastringency 300 bar 45°C	deastringency 400 bar 35°C	deastringency 400 bar 45°C	Odor description**
alpha-pine	937	0.23	-	-	-	-	-	-	pine
beta-pinene	982	0.06	-	-	-	-	-	-	turpentine
alpha-phellandrene	1010	1.33	-	-	-	-	-	-	spice
beta-cymene	1027	0.14	-	-	-	-	-	-	spice
(Z)-geraniol	1046	9.58	11.32	10.51	10.11	10.48	8.86	7.59	rose
gamma-terpinene	1059	0.04	-	-	-	-	-	-	turpentine
2-nonanone	1091	1.46	7.16	7.49	6.23	2.24	4.46	6.22	green
2-nonanol	1102	0.22	7.42	5.34	5.01	6.19	2.41	4.11	cucumber
alpha-terpineol	1119	1.09	-	-	-	-	-	-	mint
undec-10-en-2-one	1267	40.20	35.38	38.36	34.52	38.54	35.33	36.21	green
2-undecanone	1300	28.88	10.92	11.42	10.11	9.79	9.42	13.94	fresh green
alpha-cubebene	1353	1.16	1.45	1.36	1.71	2.89	3.71	5.21	herb
alpha-copaene	1379	5.17	3.01	3.42	5.33	4.92	4.21	3.51	spice
caryophyllene	1430	4.25	4.84	2.44	3.09	2.74	5.64	6.11	spice
aromadendrene	1440	0.19	6.67	6.87	8.74	8.95	7.23	6.86	wood
delta-cadinene	1520	0.51	-	-	-	-	-	-	thyme
tridec-12-en-2-one	1534	1.14	7.32	8.33	9.23	10.11	13.38	5.59	green
(E)-farnesol	1709	4.35	4.51	4.46	5.92	3.15	5.35	4.65	sweet

* Retention time calculated
** http://www.odour.org.uk/ , http://www.flavornet.org/flavornet.html

ผลของการเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิการอบแห้งต่อคุณภาพของหน่อไม้แห้ง

Effects of Pretreatment and Drying Temperature on Quality of Dried Bamboo Shoots

Dini Queentasari[1] ณัฐวุฒิ ดอนลาว[2] ภูวนาท ฟักเกตุ[2] และ Adil Basuki Ahza[1]

Queentasari, D.[1], Donlao, N.[2], Fuggate, P.[2] and Ahza, A.B.[1]

Abstract

Bamboo shoots (*Dendrocalamus membranaceus* Munro) freshly harvested in Doi Tung were blanched at 90-100ºC in various concentrations of sodium metabisulfite solution (0, 0.5, 1.0 and 1.5%) for ten minutes, as pretreatment, and then dried at various temperatures (50, 60 and 70ºC) using a laboratory scale hot air dryer. Effects of both pretreatment and drying temperature on quality of dried bamboo shoots were evaluated. There were seven parameters observed: drying time, aw, color, rehydration ratio, shrinkage, firmness, and total residual sulfites. Results showed that drying time decreased with increase in the drying temperature (p<0.01) while both pretreatment and drying temperature had no significant effect (p>0.05) on aw and shrinkage of dried bamboo shoots. Moreover, L* value, b* value, and rehydration ratio increased with increase in concentration of sodium metabisulfite and decrease in drying temperature, whereas a* value increased. The higher b* value and rehydration ratio (p<0.01) were found in samples blanched in 1.5% (w/v) $Na_2S_2O_5$ solution and dried at 50ºC and samples blanched in 1.0% (w/v) $Na_2S_2O_5$ solution and dried at 60ºC. It was also observed that total residual sulfites in dried-sulfited sample was quite high, ranged from 1250 to 3378 ppm SO_2 while the sample blanched in 1.5% (w/v) $Na_2S_2O_5$ solution had higher residual sulfites than the other concentrations. Results of rating hedonic test confirmed that the rehydrated of the best sample was more preferable than the rehydrated-commercial dried bamboo shoots. It is suggested that blanching in 1.0% $Na_2S_2O_5$ solution and then drying at 60ºC is a better drying condition to produce dried bamboo shoots with a desired quality and applicable in Doi Tung.

Keywords: bamboo shoots, sodium metabisulfite, color, rehydration ratio

บทคัดย่อ

นำหน่อไม้สดที่เก็บเกี่ยวจากดอยตุงมาลวกในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นต่างๆ (ร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5) ที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เป็นการเตรียมการก่อนการอบแห้ง หลังจากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ (50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส) ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนในระดับห้องปฏิบัติการ จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลของการเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิการอบแห้งต่อคุณภาพของหน่อไม้แห้ง ทั้งหมด 7 พารามิเตอร์ ได้แก่ เวลาในการอบแห้ง, ค่าความชื้นที่มีผลต่ออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ สี อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ การหดตัว ความแน่นเนื้อ และปริมาณสารซัลไฟต์ตกค้าง จากศึกษาพบว่าระยะเวลาการอบแห้งจะลดลงเมื่อใช้อุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<0.01) ในขณะที่การเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิการอบแห้งไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) กับค่าความชื้นที่มีผลต่ออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ และการหดตัวของหน่อไม้แห้ง ส่วนค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง และอัตราส่วนการดูดน้ำกลับ มีค่าสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เพิ่มขึ้น และมีค่าต่ำลงเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งลดลง ในขณะเดียวกันก็มีค่าสีแดงสูงขึ้นด้วย และพบว่าการลวกหน่อไม้ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ก่อนนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นร้อยละ 1.0 แล้วนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าสีเหลือง และอัตราส่วนการดูดน้ำกลับสูงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<0.01) นอกจากนี้ยังพบปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในหน่อไม้แห้งค่อนข้างสูง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,250-3,378 พีพีเอ็ม ทั้งนี้การลวกหน่อไม้ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 มีปริมาณซัลไฟต์ตกค้างมากกว่าการลวกหน่อไม้ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้นอื่น จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีฮีโดนิคสเกล พบว่าหน่อไม้แห้งภายหลังการคืนตัวมีคะแนนความชอบมากกว่าหน่อไม้แห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ดังนั้นการลวกหน่อไม้ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ก่อนนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเพื่อผลิตหน่อไม้แห้งคุณภาพบนดอยตุง

คำสำคัญ: หน่อไม้ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ สี อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ

---

[1] Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Bogor Agricultural University, Dramaga, Bogor 16002, Indonesia

[2] **สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย 57100 ประเทศไทย**

[2] School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Chiang Rai 57100, Thailand

คำนำ

ไผ่จัดเป็นพืชเอนกประสงค์ชนิดหนึ่ง ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจชุมชน ชาวบ้านนิยมใช้ประโยชน์จากหน่อและลำ ทั้งด้านการอุปโภคและบริโภค ซึ่งได้มีการจัดชนิดไม้ไผ่ที่มีความสำคัญในเชิงเศรษฐกิจ (Dransfield และ Widjaja, 1995) จากข้อมูลของกรมเศรษฐกิจพาณิชย์ (2542) พบว่าประเทศไทยมีการนำเข้าหน่อไม้แห้งจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูง ในขณะที่การส่งออกผลิตภัณฑ์หน่อไม้อบแห้งมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากหน่อไม้แห้งที่ผลิตในประเทศไทยยังมีปัญหาด้านคุณภาพหลังการแปรรูป รวมถึงปัญหาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการผลิตและการเก็บรักษา (กุลวดี และคณะ, 2536) จากปัญหาดังกล่าวหากมีการพัฒนาวิธีการอบแห้งหน่อไม้ให้มีคุณภาพที่ดีก็จะสามารถช่วยลดการนำเข้าหน่อไม้อบแห้งจากสาธารณรัฐประชาชนจีน (ณรงค์, 2531) ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นหน่อไม้ก่อนการอบแห้งและอุณหภูมิการอบแห้งต่อคุณภาพของหน่อไม้แห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำหน่อไม้ซางที่เก็บเกี่ยวจากดอยตุง อ. แม่ฟ้าหลวง จ. เชียงราย มาปอกเปลือกและนำไปลวกในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เป็นการเตรียมการก่อนการอบแห้ง หลังจากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้หน่อไม้อบแห้งที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนหน่อไม้ไผ่รวกอบแห้ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2550) วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของหน่อไม้อบแห้ง ได้แก่ ได้แก่ เวลาในการอบแห้ง, ค่าความชื้นที่มีผลต่ออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ สี อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ การหดตัว ความแน่นเนื้อ และปริมาณสารซัลไฟด์ตกค้าง และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Factorial Design แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการเตรียมขั้นต้นด้วยการลวกหน่อไม้สดในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าระยะเวลาการอบแห้งลดลงเมื่อใช้อุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้น ในขณะที่การเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิการอบแห้งไม่มีผล (p>0.05) ต่อค่าความชื้นที่มีผลต่ออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ การหดตัวของหน่อไม้แห้ง และความแน่นเนื้อ (Table 1, Table 2 และ Figure 1A) ความร้อนจากการลวกเป็นสาเหตุที่ทำให้โครงสร้างของเซลล์หน่อไม้เปลี่ยนไป ทำให้โปรตีนเปลี่ยนสภาพ เม็ดแป้งเกิดการพองตัวเมื่อรวมตัวกับน้ำ และเกิด gelatinization ทำให้น้ำส่วนหนึ่งในเซลล์กลายเป็นน้ำที่ไม่สามารถถูกดึงหรือระเหยออกไปได้ (Meyer, 1960 และ Suggett, 1975) ซึ่งในหน่อไม้สดมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 2-3 และคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 4.6-6.4 (Leung และคณะ, 1972) ไผ่มีการสะสมเม็ดแป้งตั้งแต่เป็นหน่อ และการกระจายของเม็ดแป้งพบมากบริเวณปลายและลดลงตามลำดับมายังส่วนโค่น (กองบำรุง, 2531) ส่วนค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง และอัตราส่วนการดูดน้ำกลับ มีค่าสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เพิ่มขึ้น และมีค่าต่ำลงเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งลดลง ในขณะเดียวกันก็มีค่าสีแดงสูงขึ้นด้วย (Table 3 และ Figure 1B) และพบว่าการลวกหน่อไม้ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ก่อนนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นร้อยละ 1.0 แล้วนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าสีเหลือง และอัตราส่วนการดูดน้ำกลับสูงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<0.01) เกตินันท์ และวรรณทิชา (2549) รายงานว่าการแช่หน่อไม้ไผ่ตงในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ก่อนการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่สภาวะต่างๆ เพื่อให้หน่อไม้อบแห้งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 มีอิทธิพลต่อค่าสีของหน่อไม้อบแห้งก่อนและหลังการคืนตัวอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบปริมาณซัลไฟต์ตกค้างในหน่อไม้แห้งค่อนข้างสูง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,250-3,378 พีพีเอ็ม ทั้งนี้การลวกหน่อไม้ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีปริมาณซัลไฟต์ตกค้างมากกว่าการลวกหน่อไม้ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับความเข้มข้นอื่น (ไม่ได้แสดงข้อมูล) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีฮีโดนิคสเกล พบว่าหน่อไม้แห้งภายหลังการคืนตัวมีคะแนนความชอบมากกว่าหน่อไม้แห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (ไม่ได้แสดงข้อมูล) กุลวดี และคณะ (2536) รายงานว่าการลวกหน่อไม้ในน้ำเดือด 10 นาที แล้วแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 1 นาน 20 นาที ก่อนการอบแห้งจะทำให้คุณลักษณะและการยอมรับของผู้บริโภคต่อหน่อไม้แห้งดีที่สุด

สรุปผล

การเตรียมขั้นต้นหน่อไม้ก่อนการอบแห้ง ด้วยการลวกหน่อไม้ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ก่อนนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะช่วยทำให้สีของหน่อไม้แห้งมีค่าความสว่าง สีเหลือง อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงกว่าหน่อไม้ที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นถึง 2-3 เท่า

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนโครงการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

กรมเศรษฐกิจพาณิชย์, 2542, รายงานผลการวิจัยหน่อไม้และไม้ไผ่, กระทรวงพาณิชย์, กรุงเทพมหานคร.

กุลวดี ตรองพาณิชย์, ชิดชม ฮิรางะ, อุไร เผ่าสังข์ทอง และ สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม, 2536, อิทธิพลของกรรมวิธีการผลิตที่มีผลต่อคุณลักษณะของหน่อไม้แห้งและการยอมรับของผู้บริโภค. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาวิทยาศาสตร์), 27(2): 211-218.

กองบำรุง, 2531, ไม้ไผ่ ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ สำนักงานเลขานุการ กรมป่าไม้.

เกตินันท์ กิตติพงศ์พิทยา และวรรณทิชา ลาภศิริ, 2549, กระบวนการแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์หน่อไม้ไผ่ตง (จ. ปราจีนบุรี), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 52 หน้า.

ณรงค์ นิยมวิทย์, 2531, หน่อไม้และผลิตภัณฑ์จากหน่อไม้ ตอนที่ 1: หน่อไม้, อาหาร, 18(2): 79-94.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2550, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนหน่อไม้รวกแห้ง มผช. 1206/2549, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

Dransfield, S. and Widjaja, E.A., 1995, Plant Resources of South-East Asia No.7: Bamboo, Backhuys Publishers, Netherlands, 189 p.

Leung, W.W., Butrum, R.R. and Chang, F.H., 1972, Food Composition Table for Use in East Asia, Part 1. FAO/U.S. Department of health, Education and Welfare.

Meyer, L.H., 1960, Food Chemistry, Reinhold Book Corporation, New York, Amsterdam, London.

Suggett, A., 1975, Water-Carbohydrate interactions, In Water Relations of Foods (Duckworth, R.B., ed.), Academic Press, London.

Table 1 Water activity of dried bamboo shoots blanched in 0, 0.5, 1.0, 1.5% of $Na_2S_2O_5$ solution and dried at 50, 60, 70°C

$[Na_2S_2O_5(aq)]$ used in blanching (%)	Water Activity (aw)		
	50°C	60°C	70°C
0	0.411 ± 0.006^{Aa}	0.401 ± 0.004^{Aa}	0.405 ± 0.012^{Aa}
0.5	0.406 ± 0.001^{Aa}	0.404 ± 0.007^{Aa}	0.402 ± 0.018^{Aa}
1.0	0.406 ± 0.009^{Aa}	0.406 ± 0.001^{Aa}	0.403 ± 0.012^{Aa}
1.5	0.407 ± 0.006^{Aa}	0.406 ± 0.002^{Aa}	0.398 ± 0.009^{Aa}

The ± values are standard deviations for triplicates. The same superscript letters in the same colomn and row mean not significantly different (p>0.05)

Table 2 Shrinkage of bamboo shoots blanched in 0, 0.5, 1.0 and 1.5% of Na2S2O5 solution and dried at 50, 60 and 70°C

[$Na_2S_2O_5$ (aq)] used in blanching (%)	Shrinkage (%)		
	50°C	60°C	70°C
0	71.94 ± 5.94^{Aa}	69.55 ± 1.24^{Aa}	66.00 ± 2.90^{Aa}
0.5	72.10 ± 7.21^{Aa}	68.69 ± 5.83^{Aa}	66.48 ± 2.25^{Aa}
1.0	65.55 ± 11.22^{Aa}	67.42 ± 5.38^{Aa}	68.85 ± 3.51^{Aa}
1.5	65.55 ± 9.13^{Aa}	68.28 ± 9.83^{Aa}	68.76 ± 0.93^{Aa}

The ± values are standard deviations for triplicates.
The same superscript letters in the same column and row mean not significantly different (*p*>0.05)

Table 3 L*, a* and b* values of dried bamboo shoots blanched in 0, 0.5, 1.0, 1.5% of $Na_2S_2O_5$ solution and dried at 50, 60, 70°C

[$Na_2S_2O_5$(aq)] used in blanching (%)	L*			a*			b*		
	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C
0	39.31 ± 4.57^{Aa}	44.13 ± 9.23^{Aa}	36.40 ± 12.91^{Aa}	12.22 ± 5.26^{Aa}	11.42 ± 1.77^{Aa}	13.45 ± 6.66^{Aa}	18.53 ± 1.29^{Aa}	16.30 ± 6.36^{Aa}	10.75 ± 4.27^{Ba}
0.5	43.98 ± 2.89^{Aa}	45.57 ± 7.83^{Aa}	35.64 ± 1.58^{Aa}	8.83 ± 2.04^{Aa}	9.59 ± 2.40^{Aa}	12.73 ± 3.32^{Aa}	23.31 ± 1.60^{Ab}	22.26 ± 5.14^{Ab}	14.66 ± 4.47^{Bb}
1.0	52.92 ± 6.17^{Ab}	54.90 ± 3.85^{Ab}	48.86 ± 3.21^{Ab}	10.20 ± 3.63^{Aa}	6.49 ± 0.26^{Aa}	9.89 ± 0.71^{Aa}	28.56 ± 0.94^{Ac}	24.87 ± 2.62^{Ac}	20.68 ± 1.43^{Bc}
1.5	55.02 ± 8.11^{Ab}	55.95 ± 9.19^{Ab}	53.08 ± 1.25^{Ab}	5.34 ± 1.82^{Aa}	4.88 ± 3.22^{Aa}	9.42 ± 3.34^{Aa}	28.50 ± 1.72^{Ac}	26.73 ± 6.23^{Ac}	25.89 ± 2.14^{Bc}

The ± values are standard deviations for triplicates. Values in the same row having the same letters (A, B) for each parameter were not significantly different (*p*>0.05). Values in the same column having the same letters (a, b, c) for each parameter were not significantly different (*p*>0.05).

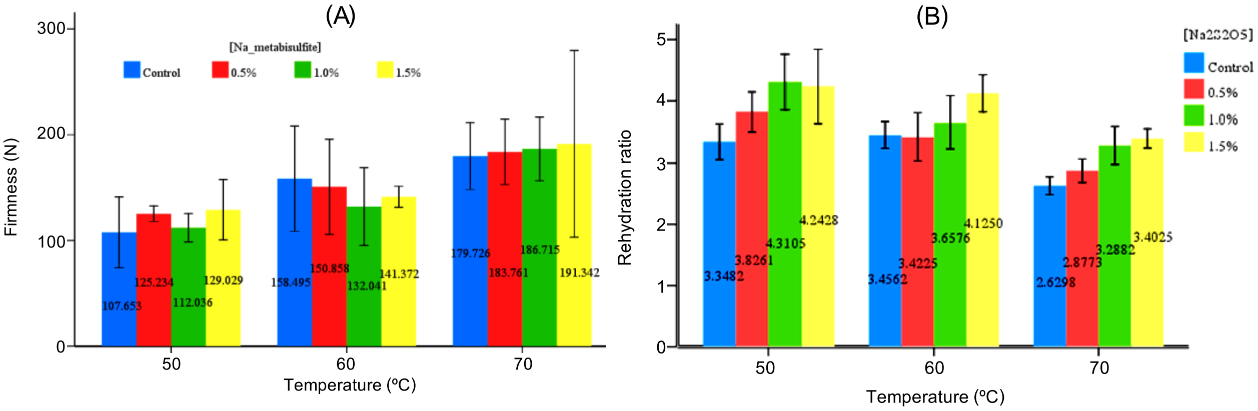


Figure 1 Firmness (A) and rehydration ratio (B) of dried bamboo shoots blanched in 0, 0.5, 1.0 and 1.5% of $Na_2S_2O_5$ solution and dried at 50, 60 and 70°C

การวิเคราะห์สารสำคัญจากพืชวงศ์ Piperaceae สำหรับนำมาใช้ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด

Identification of Major Compounds from Piperaceae Plant Extracts for Controlling Maize Weevil (*Sitophilus zeamais* Mottsch.)

กันยารัตน์ มาแย้ม[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Mayaem, K.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Major compounds of plant extracts three Piperaceae species were identified by gas chromatography-mass spectrophotometry (GC-MS). Plant extracts of black pepper betel vine and wild betel. Black pepper, betel vine, and wild betel were obtained by hydrodistillation, simultaneous distillation extraction and 95 % ethanol extraction, respectively. The extracts were identified by gas chromatography mass spectrophotometer (GC-MS). Black pepper extracts consisted of 20 compounds and the major compounds were caryophyllene, 3-carene and limonene with peak area at 23.59×10^7, 18.65×10^7 and 17.47×10^7, respectively. The major compound in betel vine extracts consisted of 6 components with caryophyllene and germacrene D as main components with peak area at 4.93×10^7 and 3.53×10^7, respectively. Wild betel extracts consisted of 9 compounds and its major compounds were linalool with highest peak area at 126.68×10^7 followed by estragole, geranyl acetate, caryophyllene and α–terpineol with peak area at 35.12×10^7, 22.62×10^7, 15.36×10^7 and 11.21×10^7, respectively.

Keywords: black pepper, betel vine, wild betel, plant extract, gas chromatography mass spectrophotometer (GC-MS)

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์สารสำคัญในสารสกัดจากพืชวงศ์ Piperaceae 3 ชนิด คือ พริกไทยดำ (black pepper) พลู (betel vine) และและช้าพลู (wild betel) พริกไทยดำสกัดด้วยวิธีต้มกลั่น (hydrodistillation; HD) พลูสกัดโดยการกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction; SDE) และช้าพลูสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) โดยใช้ 95% เอทานอล นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดโดย gas chromatography mass spectrophotometer (GC-MS) พบองค์ประกอบของสารสกัดพริกไทยดำจำนวน 20 ชนิด โดยมีสารสำคัญคือ caryophyllene, 3-carene และ limonene มีค่า peak area เท่ากับ 23.59×10^7, 18.65×10^7 และ 17.47×10^7 ตามลำดับ ส่วนสารสกัดพลูที่สกัดโดยการสกัดSDE พบว่า มีสารสำคัญ 6 ชนิด สารสำคัญที่พบมาก คือ caryophyllene และ germacrene D มีค่า peak area เท่ากับ 4.93×10^7 และ 3.53×10^7 ตามลำดับ และสารสกัดจากช้าพลูโดยการสกัดด้วยเอทานอล สารที่พบในสารสกัดช้าพลูมีองค์ประกอบหลักทั้งหมด 9 ชนิด ซึ่งมีองค์ประกอบหลักและปริมาณ peak area ดังนี้ คือ linalol มีปริมาณสูงสุด เท่ากับ 126.68×10^7 รองลงมาเป็น estragole, geranyl acetate, caryophyllene และ α–terpineol มีค่า peak area เท่ากับ 35.12×10^7, 22.62×10^7, 15.36×10^7 และ 11.21×10^7 ตามลำดับ

คำสำคัญ: พริกไทยดำ พลู ช้าพลูสารสกัด gas chromatography mass spectrophotometer (GC-MS)

คำนำ

พืชวงศ์ Piperaceae มีอยู่หลากหลายและปลูกกระจายทั่วทุกภาคของประเทศ และมีผลผลิตตลอดทั้งปี เนื่องจากเป็นพืชที่มีการนำมาบริโภคในชีวิตประจำวัน อีกทั้งมีสรรพคุณในด้านต่างๆ รวมทั้งการกำจัดศัตรูพืช มีรายงานการศึกษาสารสกัดพืชในวงศ์ Piperaceae พบว่าในใบพลูมี essential oil สีน้ำตาลปนเหลือง และมีกลิ่นฉุน ซึ่งมีรายงานว่าสารประกอบหลักใน essential oil จากใบพลู เป็นสารประกอบฟีนอล สารที่พบมาก ได้แก่ eugenol (Rawat และคณะ,1989), chavicol, caryophyllene และ β-sitosterol (สมบูรณ์, 2004; Parmar และคณะ, 1998) สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย และในการผลิตก็พบแมลงศัตรูพืชที่มารบกวนไม่มากนัก อีกทั้งยังมีรายงานว่าพืชที่อยู่ในวงศ์เดียวกันกับพลูมีพิษกับแมลงด้วย เช่น พริกไทย ช้าพลู พริก เป็นต้น นันทวัน และคณะ (2546) ศึกษาเรื่องการพัฒนายากำจัดปลวกจากวัสดุเหลือใช้พริกไทยเบา (*Piper nigrum* Linnaeus) พบว่า essential oil จากเปลือกพริกไทยหรือพริกไทยเบามีพิษต่อปลวก โดยมีทั้งฤทธิ์ขับ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's Universty of Technology Thonburi, 49 Teintalay Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ไล่ พิษจากการสัมผัส และพิษจากการระเหย โดยองค์ประกอบหลักที่พบ คือ caryophyllene, limonene และ β-pinene Ridtitid และคณะ (1998) รายงานว่าสารสกัดจากพืชตระกูลพริกไทย (*Piper* spp.) มีผลต่อระบบประสาทของหนู โดยจะบล็อกการทำงานของระบบประสาท ทำให้เป็นอัมพาตและตายในที่สุด และสามารถใช้ควบคุมศัตรูพืชได้ (Nair และ Burke, 1990) Scott และคณะ (2004) ได้ทดสอบสารสกัดจากพืชตระกูลพริกไทยสามชนิด ได้แก่พริกไทยดำ พริกไทยขาว (*P. guineense*) และ *P. tuberculatum* เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันและกำจัดแมลง พบว่าพืชทั้งสามชนิดมีสาร isobutyl amides เป็นสารประกอบทุติยภูมิของพืช ซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบประสาทของแมลงแต่ปลอดภัยกับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเพราะมีพืชตระกูลพริกไทยใช้เป็นเครื่องเทศและยามาหลายร้อยปีแล้ว นที และสุภาณี (2546) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากชะพลูมีสารสำคัญได้แก่ linalool estragole caryophyllene และ α-terpineol ซึ่งมีพิษในลักษณะสัมผัสตัวตาย ต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobuchus maculatus*) จากการทดสอบเพื่อประเมินพิษในลักษณะสัมผัสตัวตาย พบว่า น้ำมันระเหยจากช้าพลูมีฤทธิ์ฆ่าด้วงถั่วเขียวได้ โดยอัตราการตายเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับความเข้มข้น (dose-response relationship) Choochote และคณะ (2006) รายงานว่า สารสกัดจากพืชตระกูลพลูสามชนิดได้แก่ ดีปลี สะค้าน (*P. ribesoides*) และชะพลู มีพิษต่อตัวเต็มวัยของยุงลาย *Stegomyia aegypti* (Diptera: Culicidae) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาสารสำคัญของพืชวงศ์ Piperaceae จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ พริกไทยดำ พลู ช้าพลู ด้วยเครื่อง gas chromatogrphy mass spectrophotometer (GC-MS) เพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบที่สำคัญเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ทดแทนสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูข้าวในโรงเก็บ โดยเฉพาะแมลงในวงศ์ Coleoptera

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพืช 10 ชนิด สำหรับสกัดน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ พริกไทยดำ (ผล เมล็ด) สกัดด้วยวิธีการต้มกลั่น พลู (ใบ) สกัดโดยการกลั่นพร้อมสกัด และช้าพลู (ใบ) โดยใช้ 95% เอทานอล สำหรับวัตถุดิบพืชสดนำมาล้างทำความสะอาดและผึ่งให้แห้ง จากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ส่วนวัตถุดิบพืชแห้งได้แก่ พริกไทยดำ ให้นำตัวอย่างพืชมาล้างในน้ำสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนออก และผึ่งให้แห้ง ก่อนนำไปอบเพื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างพืชแห้งมาบดละเอียด ตรวจสอบความชื้นของตัวอย่างพืชแห้งที่บดแล้วด้วยเครื่อง moisture analyzer

การสกัดสารสกัด

-การต้มกลั่น (hydrodistillation)

นำพริกไทยดำ (ผล เมล็ด) มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำตัวอย่างจำนวน 1,000-1,500 กรัม ใส่ในขวดก้นกลมปริมาตร 10 ลิตร เติมน้ำกลั่นลงไปจนท่วมตัวอย่างพืช ต้มน้ำให้เดือดที่อุณหภูมิ 100 °C เพื่อผลิตไอน้ำ ซึ่งไอน้ำพาสารระเหยจากขวดก้นกลมที่มีตัวอย่างพืชไปทำให้เกิดการกลั่นตัวและควบแน่นจนได้สารสกัดออกมาที่ flask รองรับสาร ทำการกลั่นจนกว่าน้ำมันออกมาหมด เก็บน้ำมันหอมระเหยที่ได้ในขวดแก้วสีชาที่อุณหภูมิ 4 °C และนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

-สกัดโดยการกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction; SDE)

นำพลู (ใบ) มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ หลังจากนั้นใส่หม้อต้มกลั่นใช้อุณหภูมิสูง (เบอร์ 6) และนำสารละลายเฮกเซนใส่ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิเมตร ต่อเข้ากับหม้อต้มกลั่นที่ใส่ใบโหระพา, พลู และทองหลาง ใช้อุณหภูมิปานกลาง (เบอร์ 5) กลั่นทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไประเหยเอาเฮกเซนออก ด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่ความดัน 156 บาร์ อุณหภูมิ 40°C เก็บน้ำมันหอมระเหยที่ได้ในขวดแก้วสีชาไว้ที่อุณหภูมิ 4°C และนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

-สกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)

นำช้าพลู (ใบ) โดยบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมไฟฟ้ามาชนิดละ 100 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 1 ลิตร จากนั้นใส่ตัวทำละลาย ethanol 300 มิลลิเมตร ปิดปาก flask ให้สนิทด้วย aluminium foil และปิดทับด้วย parafilm อีกครั้ง แช่ทิ้งไว้นาน 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง พร้อมกับเขย่า หลังจากนั้นจึงกรองเอากากตัวอย่างพืชออกโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 ได้สารสกัดในตัวทำละลาย แล้วนำไประเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 40°C ที่ความดัน 172 บาร์ จนตัวทำละลายระเหยออกไปหมด เก็บรักษาในขวดแก้วสีชาที่อุณหภูมิ 4°C และนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยด้วย GC-MS

วิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดพริกไทยดำ และพลู โดยใช้ gas chromatography mass spectrometer (GC-MS) ที่สกัดได้โดยใช้ capillary คอลัมน์ชนิด DB-5 (30 เมตร length×0.25 มิลลิเมตร ID×0.25 เมตร film thickness), ฉีดตัวอย่างแบบ split mode (split ratio, 1:20 v/v) อุณหภูมิ injector เท่ากับ 230°C สภาวะของคอลัมน์ อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 50°C คงไว้ 2 นาที และเพิ่มอุณหภูมิขึ้นในอัตรา 10°C ต่อนาที จงถึง 140°C จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นในอัตรา 4°C ต่อนาที จนถึง 230°C คงไว้นาน 5 นาที ที่ภาวะเครื่อง 70eV โดยบ่งชี้คุณลักษณะของสารเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ 80 % quality match คำนวณ retention time index (RI) เทียบกับสารอัลเคนมาตรฐาน (C_8-C_{20} alkanes) และคำนวณ % relative peak area

การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดช้าพลู ที่สกัดได้โดยใช้ dynamic headspace-solid phase micro-extraction gas chromatography mass spectrometer (DHS-SPME-GC-MS) โดยใช้คอลัมน์ชนิด DB-WAX (ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 320 ไมโครเมตร หนา 0.5 ไมโครเมตร) ใช้ helium เป็นแก๊สตัวพา อุณหภูมิ injector เท่ากับ 230ºC สภาวะของคอลัมน์ อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 50ºC คงไว้ 2 นาที และเพิ่มอุณหภูมิขึ้นในอัตรา 10ºC ต่อนาที จงถึง 140ºC จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นในอัตรา 4ºC ต่อนาที จนถึง 230ºC คงไว้นาน 5 นาที วิเคราะห์องค์ประกอบและค่า retention time index (RI) เทียบกับสารอัลเคนมาตรฐาน (C_8-C_{20} alkanes) และคำนวณ % relative peak area

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสกัดสารจากพืชวงศ์ Piperaceae 3 ชนิด คือ พริกไทยดำ (ผล เมล็ด) ด้วยวิธีการต้มกลั่น (hydrodistillation; HD) พลู (ใบ) โดยการกลั่นพร้อมสกัด (simultaneous distillation extraction; SDE) และสกัดช้าพลู (ใบ) โดยใช้ 95% เอทานอล (solvent extraction) พบว่า %yield ของสารสกัดช้าพลูมี %yield สูงสุด เท่ากับร้อยละ 24.85 รองลงมา คือ สารสกัดพลู และพริกไทยดำมี %yield เท่ากับร้อยละ 2.48 และ 1.11 ตามลำดับ ซึ่งสารสกัดช้าพลูที่ได้ อยู่ในรูป crude extract สารสกัดที่ได้ออกมาอาจยังไม่บริสุทธิ์ เนื่องจากมีตะกอนและสารแขวนลอยอยู่มาก เพราะการสกัดด้วยตัวทำละลายสามารถสกัดพวกรงควัตถุ เม็ดสี โปรตีน สตาร์ช และเซลลูโลสได้ จึงทำให้สารสกัดจากช้าพลูมี%yield สูงสุด (Table 1)

สารสำคัญที่พบในสารสกัดพริกไทยดำ ซึ่งได้จากการสกัดโดยการต้มกลั่น พบสารสำคัญ 20 ชนิด ได้แก่ caryophyllene, 3-carene และlimonene มีค่า peak area เท่ากับ 20.36×10^7, 16.10×10^7 และ15.08×10^7 ตามดับ รองลงมา คือ β-pinene, caryophyllene oxide, spathulenol, α-Pinene, guaiene, linalool, piperitenone, germacrene และ elemene มีค่า peak area เท่ากับ 8.73×10^7, 5.85×10^7, 5.57×10^7, 3.85×10^7, 3.51×10^7, 3.05×10^7, 3.00×10^7 และ 2.73×10^7 ตามลำดับ ยังมีสารประกอบอื่นได้แก่ α-cubebene, 4-carvomenthenol, β-phellandrene, α-terpineol, camphor, citronellal, camphene และ α-thujene ค่า peak area เท่ากับ 1.98×10^7, 1.59×10^7, 1.33×10^7, 1.16×10^7, 1.03×10^7, 0.61×10^7, 0.41×10^7 และ 0.29×10^7 จะเห็นว่าพริกไทยดำมีทั้งสาร terpene ที่เป็นประเภท sesquiterpene และ monoterpene

สารสกัดพลูที่สกัดโดยการสกัด SDE พบว่า มีสารสำคัญ 6 ชนิด ซึ่งมีสารสำคัญที่พบมาก คือ caryophyllene และ germacrene D มีค่า peak area เท่ากับ 39.77×10^7 และ 28.50×10^7 รองลงมา คือ α-cadinol, α-cubebene, eugenol และ 1,8-cineole มีค่า peak area เท่ากับ 18.74×10^7, 7.23×10^7, 3.95×10^7 และ 1.80×10^7 ตามลำดับ มีรายงานว่าพืชที่อยู่ในวงศ์เดียวกับกับพลูมีพิษกับแมลงด้วย เช่น ช้าพลู เป็นต้น โดยในการผลิตพลูก็พบแมลงศัตรูพืชที่มารบกวนไม่มากนัก

สารสกัดช้าพลูโดยการสกัดด้วยเอทานอล สารที่พบในน้ำมันหอมระเหยช้าพลูมีองค์ประกอบหลักทั้งหมด 9 ชนิด ซึ่งมีองค์ประกอบหลักและปริมาณ peak area ดังนี้ คือ linalool มีปริมาณสูงสุด เท่ากับ 56.61×10^7 รองลงมาเป็น estragole, geranyl acetate, caryophyllene, α–terpineol และ nerolidol มีค่า peak area เท่ากับ 15.69×10^7, 10.11×10^7, 6.86×10^7, 5.01×10^7 และ 2.37×10^7 ตามลำดับ และมีสาร citral, anethole และ γ-terpinene มีปริมาณ peak area เท่ากับ 1.44×10^7, 1.06×10^7 และ 0.85×10^7 ตามลำดับ (Table 2)

น้ำมันหอมระเหยในวงศ์ Piperaceae ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ พริกไทยดำ พลู และช้าพลูจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันไป ส่งผลให้น้ำมันหอมระเหยมีกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งเกิดจากกระบวนการชีวสังเคราะห์ (biosynthesis) ซึ่งกระบวนการชีวสังเคราะห์ของสารเคมีแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เนื่องจากสารตั้งต้นและเอนไซม์ที่เฉพาะแตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ต่างกัน (Tognalini และคณะ, 2006)

สรุปผล

พืชวงศ์ Piperaceae 3 ชนิด พริกไทยดำ พลู และช้าพลู มีปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของสารที่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากเทคนิคและสภาวะของการสกัดสารสกัดรวมทั้งชนิด พันธุ์ และส่วนของพืชที่นำมาใช้ ทำให้ปริมาณสารสกัดที่ได้แตกต่างกัน ซึ่งสาร caryophyllene เป็นสารสำคัญที่พบในพืชทั้ง 3 ชนิด

เอกสารอ้างอิง

นันทวัน บุณยะประภัศร อังคณา หิรัญสาลี ยุพาพร สรนุวัตร พจวรรณ ลาวัณย์ประเสริฐ สุวรรณ ธีระวรพันธ์ อโนชา อุทัยพัฒน์ วิสุดา สุวิทยาวัฒน์ สิริมา สอนเล็ก เบ็ญจวรรณ คฤหพัฒนา กฤษณา ชายกวด ศานติ ฉันทตุลย์ และ วีรญา เรืองสวัสดิ์, 2546, รายงานการวิจัย การพัฒนายากำจัดปลวกจากวัสดุเหลือใช้ : พริกไทยเบา (*Piper nigrum* L.).

สมบูรณ์ จิรโรจน์วัฒน, ม.ป.ป., วิธีใช้เจลพลู [สืบค้น], :http://www.gpo.or.th/news/interest/inter22.htm, [3/ March/ 04)

สุภาวิณี พิมพ์สมาน นุชรีย์ ศิริ ทัศนีย์ แจ่มจรรยา และ ยนต์ สุตะภัคดี, 2532, แนวทางการใช้สารสกัดจากสะเดาเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, องค์การบริหารวิเทศกิจแห่งสหรัฐอเมริกา (USAID) และสถาบันวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Choochote, W.U., Chaithong, K., Kamsuk, E., Rattanachanpichai, A., Jitpakdi, P., Tippawangkosol, D., Chaiyasit, D., Champakaew, B., Tuetun, B. and Pitasawat, B., 2006, Adulticidal Activity against *Stegomyia aegypti* (Diptera: Culicidae) of Three *Piper* spp, Review Inorganic Medicine Tropic Sao Paulo, 48(1): 33–37.

Nair, M.G. and Burke, B.A., 1990, Antimicrobial *Piper* Metabolite and Related Compounds, Journal of Agriculture and Food Chemistry, 38: 1093-1096.

Parmar, V.S., Jain, S.C., Gupta, S., Talwar, S., Rajwanshi, V.K., Kumar, R., Azim, A., Malhotra, S., Kumar, N., Jain, R., Sharma, N.K., Tyagi, O.D., Lawrie, S.J., Errington, W., Howarth, O.W., Olsen, C.E., Singh, S.K. and Wengel, J., 1998, Polyphenols and Alkaloids from *Piper* species, Phytochemistry, 49(4): 1069-1078.

Rawat, A.K.S., Tripathi, R.D., Khan, A.J. and Balasubrahmanyam V.R., 1989, Essential Oil Components as Markers for Identification of *Piper betle* L. Cultivars, Biochemical Systematics and Ecology, 17(1): 35-38.

Ridtitid, W., Rattanaporn, W., Thaina, P., Chittrakarn, S. and Sunbhanich, M., 1998, Neuromuscular Blocking Activity of Methanolic Extract of *Piper sarmentosum* Leaves in the Rat Phrenic Nerve-hemidiaphragm Preparation, Journal of Ethnopharmacology, 61: 135-142.

Scott Ian, M., Jensen Helen, R., Philogène Bernard, J.R. and Arnason John, T., 2006, A Review of *Piper* Spp. (Piperaceae) Phytochemistry Insecticidal Activity and Mode of Action, Phytochemistry Reviews, 7: 1568-7767.

Tognalina, M., Barocelli, E., Ballabeni, V., Bruni, R., Bianchi, A., Chiavarini, M. and Impicciatore, M., 2006, Comparative Screening of Plant Essential Oil: Phenylpropanoid Moiety as Basic Core for Antiplatelet Activity, Life Sciences, 78: 1419-1432.

Table 1 Physical properties of essential oil from *Sesuvium portulacastrum* extracted by methanolic extraction.

Plant extracts	% yield	Refractive index
black pepper	1.11	1.479
betal vine	2.48	1.517
wildbetal leafbush	24.85	1.424

Table 2 Volatile compounds of plant extracts from black pepper seed extracted by hydrodistillation, betal vine extracted by simultaneous distillation extraction and wildbetal leafbush extracted by simultaneous distillation extraction.

Peak area ($\times 10^7$)					
black pepper		betal vine		wildbetal leafbush	
α-thujene	0.34	1,8-Cineole	0.22	γ-Terpinene	1.90
α-Pinene	4.46	Eugenol	0.49	Linalool	126.68
Camphene	0.47	α-Cubebene	0.90	Caryophyllene	15.36
β-Phellandrene	1.55	Caryophyllene	4.93	Estragole	35.12
β-Pinene	10.11	Germacrene D	3.53	α –Terpineol	11.21
3-Carene	18.65	α-Cadinol	2.32	Citral	3.21
Limonene	17.47			Geranyl acetate	22.62
Linalool	4.06			Anethole	2.37
Citronellal	0.71			Nerolidol	5.30
Camphor	1.19				
4-Carvomenthenol	1.84				
α-terpineol	1.35				
Piperitenone	3.53				
α-Cubebene	2.29				
Elemene	3.17				
Caryophyllene	23.59				
Guaiene	4.37				
Germacrene	3.48				
Caryophyllene oxide	6.78				
Spathulenol	6.45				

ผลของออกซินต่อการเพิ่มจำนวนยอดและชักนำให้เกิดรากของหัวข้าวเย็น (*Dioscorea birmanica* Prain&Burkill) ในสภาพปลอดเชื้อ

Effect of Auxin on *In Vitro* Shoot Multiplication and Root Induction of Hua-Khao-Yen (*Dioscorea birmanica* Prain&Burkill)

อรอุมา สองศรี[1] เยาวพา จิระเกียรติกุล[1] ภาณุมาศ ฤทธิไชย[1] และ อรุณพร อิฐรัตน์[2]

Songsri, O.[1], Jirakiattikul, Y.[1], Rithichai, P.[1] and Itharat, A.[2]

Abstract

Hua-Khao-Yen (*Dioscorea birmanica* Prain & Burkill) is a Thai medicinal plant and the demand for rhizomes for the treatments of cancers, AIDS, septicemia, and lymphatic diseases has increased. Plant tissue culture technique can produce a large number of this desirable plant. Therefore, the objective of this study was to investigate the effects of concentrations of auxin on *in vitro* shoot multiplication and root induction of Hua-Khao-Yen (*D. birmanica*). The *in vitro* single nodal segments were cultured on MS medium supplemented with 0.01% activated charcoal (AC), 2 mg/l BA and 0-0.5 mg/l IAA, IBA and NAA for 4 weeks. Results indicated that shoot formation rate, shoot number and length were not significantly different among the treatments. However, the highest number of nodes per shoot (2.3) occurred on MS medium supplemented with 0.01% AC, 2 mg/l BA, and 0.1 mg/l IAA. Root induction was observed on ½MS and MS medium supplemented with 0.01% AC, 2 mg/l BA and 0-2 mg/l NAA or IBA for 8 weeks. It was found that ½MS medium supplemented with 0.01% AC, 2 mg/l BA and 2 mg/l NAA or 1 mg/l IBA exhibited greater root formation rate, number of roots, and root length.

Keyword: Hua-Khao-Yen, shoot multiplication, root induction, auxin

บทคัดย่อ

หัวข้าวเย็น (*Dioscorea birmanica* Prain & Burkill) เป็นพืชสมุนไพรไทยที่มีความต้องการใช้มากขึ้น เพื่อรักษาโรคมะเร็ง เอดส์ เลือดเป็นพิษ และน้ำเหลืองเสีย การขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะทำให้มีจำนวนต้นมากเพียงพอ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของออกซินต่อการเพิ่มจำนวนยอดและการชักนำให้เกิดรากของหัวข้าวเย็นในสภาพปลอดเชื้อ โดยเพาะเลี้ยงข้อของหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) ที่ปลอดเชื้อแล้วบนอาหารสูตร MS ที่เติมผงถ่าน (AC) ความเข้มข้น 0.01% BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ IAA, IBA และ NAA ความเข้มข้น 0-0.5 mg/l เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า อัตราการเกิดยอด จำนวนยอดที่พัฒนา และความยาวยอด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีจำนวนข้อ/ยอดสูงสุดคือ 2.3 ข้อ/ยอด เมื่อเพาะเลี้ยงข้อบนอาหารสูตร MS ที่เติม AC ความเข้มข้น 0.01% BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 0.1 mg/l แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับข้อที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม AC ความเข้มข้น 0.01% และ BA ความเข้มข้น 2 mg/l เพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 mg/l หรือ NAA ความเข้มข้น 0.2 mg/l ส่วนการชักนำยอดให้เกิดรากบนอาหารสูตร ½MS และ MS ที่เติม AC ความเข้มข้น 0.01% BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ NAA และ IBA ความเข้มข้น 0-2 mg/l เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า อาหารสูตร ½MS ที่เติม AC ความเข้มข้น 0.01% BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2 mg/l หรือ IBA ความเข้มข้น 1 mg/l มีอัตราการเกิดรากสูง มีจำนวนรากมาก และมีรากยาว

คำสำคัญ: หัวข้าวเย็น เพิ่มจำนวนยอด ชักนำให้เกิดราก ออกซิน

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120

[1] Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit campus, Pathumthani 12120

[2] สาขาวิชาแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120

[2] Applied Thai Traditional Medicine Center, Faculty of Medicine, Thammasat University, Rangsit campus, Pathumthani 12120

คำนำ

หัวข้าวเย็น (*Dioscorea birmanica* Prain&Burkill) เป็นพืชสมุนไพรไทยที่อยู่ในวงศ์ Dioscoreaceae เป็นไม้เถาเลื้อย มีลำต้นใต้ดินสะสมอาหารในเหง้า (rhizome) และทุกส่วนมีหนาม (Wilkin และ Thapyai, 2009) นิยมใช้ส่วนเหง้าร่วมกับสมุนไพรชนิดอื่น เพื่อรักษาโรคน้ำเหลืองเสีย เลือดเป็นพิษ มะเร็ง และเอดส์ (Itharat และคณะ, 2010) ทำให้มีความต้องการใช้หัวข้าวเย็นมากขึ้น แต่การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติใช้เวลานานจึงจะสามารถผลิตต้นให้เพียงพอได้ (Craufurd แลคณะ, 2001) ดังนั้นจึงนำเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมาใช้เพื่อเพิ่มจำนวนต้น ซึ่งในปัจจุบันได้มีการขยายพันธุ์พืชสมุนไพรหลายชนิดด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เช่น *Curcuma zedoaria* (Loc และคณะ, 2005), *Piper methysticum* (Zhang และคณะ, 2008), และ *Dioscorea bulbifera* (Narula และคณะ, 2003) แต่ยังไม่มีรายงานการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงทำการศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของออกซินต่อการเพิ่มจำนวนยอดและการชักนำให้เกิดรากของหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) ในสภาพปลอดเชื้อ

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของออกซินต่อการเพิ่มจำนวนยอด โดยเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อในสภาพปลอดเชื้อแล้วบนอาหารสูตร MS ที่เติมผงถ่าน (AC) ความเข้มข้น 0.01% และ BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ IAA IBA และ NAA ความเข้มข้น 0, 0.1, 0.2 และ 0.5 mg/l เป็นเวลา 4 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 10 สูตรอาหาร แต่ละสูตรอาหารมี 10 ซ้ำๆ ละ 2 ขวด บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด จำนวนยอดที่พัฒนา จำนวนข้อ/ยอด และความยาวยอด (ซม.) จากนั้นศึกษาผลของ NAA และ IBA รวมทั้งความเข้มข้นของสูตรอาหารต่อการชักนำให้เกิดราก โดยเพาะเลี้ยงยอดที่มีความยาวประมาณ 2 ซม. ในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารสูตร ½MS (ความเข้มข้นของอาหารสูตร MS ลดลงครึ่งเท่า) และ MS ที่เติม AC ความเข้มข้น 0.01% และ BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ NAA และ IBA ความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 mg/l นาน 8 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 14 สูตรอาหาร แต่ละสูตรอาหารมี 5 ซ้ำๆ ละ 2 ขวด บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดราก จำนวนราก และความยาวราก (ซม.)

ผลการทดลอง

จากการเพิ่มจำนวนยอดโดยเพาะเลี้ยงข้อบนอาหารที่มี IAA IBA และ NAA ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า อัตราการเกิดยอด (75-100%), จำนวนยอดที่พัฒนา (0.8-1.1 ยอด) และความยาวยอด (0.59-1.01 ซม.) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสูตรอาหารแต่ละสูตร แต่มีจำนวนข้อ/ยอดสูงสุดคือ 2.3 ข้อ/ยอด เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม AC ความเข้มข้น 0.01%, BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 0.1 mg/l แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้อที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม AC ความเข้มข้น 0.01% และ BA ความเข้มข้น 2 mg/l เพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 mg/l หรือ NAA ความเข้มข้น 0.2 mg/l ซึ่งมีจำนวนข้อเท่ากับ 1.8, 1.8, 1.8 และ 2.2 ข้อ/ยอด ตามลำดับ (Table 1) ส่วนการชักนำยอดให้เกิดรากบนอาหารสูตรต่างๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าอาหารเพาะเลี้ยงทุกสูตรสามารถชักนำให้เกิดรากได้ โดยมีอัตราการเกิดราก 10-60% อย่างไรก็ตามจำนวนรากและความยาวรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอาหารสูตร ½MS ที่เติม AC ความเข้มข้น 0.01%, BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2 mg/l หรือ IBA ความเข้มข้น 1 mg/l มีอัตราการเกิดรากสูง (60 และ 50% ตามลำดับ) มีจำนวนรากมาก (2.2 และ 1.7 ราก ตามลำดับ) และมีรากยาว (1.84 และ 2.46 ซม. ตามลำดับ) (Table 2)

วิจารณ์ผล

จากการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซิน (IAA, IBA และ NAA) ความเข้มข้นต่างๆ ลงในอาหารเพาะเลี้ยงที่มี BA ความเข้มข้น 2 mg/l เพื่อเพิ่มจำนวนยอดของหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) นั้นพบว่า จำนวนยอดและการเจริญเติบโตของยอดที่พัฒนาบนอาหารเพาะเลี้ยงที่เติม AC ความเข้มข้น 0.01%, BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ IAA (0.1 mg/l), IBA (0.1 และ 0.5 mg/l) และ NAA (0.2 mg/l) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าดังกล่าว เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี BA เพียงอย่างเดียว แสดงให้เห็นว่า การเติมออกซินลงในอาหารเพาะเลี้ยงไม่สามารถทำให้จำนวนยอดของพืชชนิดนี้เพิ่มขึ้นได้ ซึ่ง Bhojwani และ Razdan (1996) ได้กล่าวไว้ว่า พืชบางชนิดใช้ไซโทไคนินเพียงอย่างเดียวก็เพียงพอต่อการเพิ่มจำนวนยอด แต่พืชบางชนิดต้องใช้สารทั้ง 2 กลุ่ม ในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยใช้ไซโทไคนินในปริมาณมากกว่าออกซินเมื่อต้องการกระตุ้นการเกิดหรือเพิ่มจำนวนยอด อย่างไรก็ตามอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างออกซินและไซโทไคนินจะแตกต่างกัน

ไปขึ้นอยู่กับชนิดพืช สายพันธุ์ อายุของชิ้นส่วนพืช ระยะเวลาการพัฒนา เป้าหมายของการเพาะเลี้ยง และสถานะของอาหาร (รังสฤษดิ์, 2545)

จากการชักนำให้เกิดรากของต้นหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) ในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารสูตร ½MS และ MS พบว่า อัตราการเกิดราก จำนวนราก และความยาวราก บนอาหารสูตร ½MS ดีกว่าเมื่อเพาะเลี้ยงยอดบนอาหารสูตร MS สอดคล้องกับ รังสฤษดิ์ (2545) ที่รายงานว่า โดยปกติอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณเกลือต่ำ (low-salt medium) เหมาะต่อการชักนำให้เกิดรากของพืชเกือบทุกชนิด ในทางปฏิบัติจึงนิยมลดปริมาณเกลือลงครึ่งหนึ่ง (half-strength) ทั้งนี้เนื่องจากการลดปริมาณเกลือลงเป็นการลดความเข้มข้นของไนโตรเจนที่มีในสูตรอาหาร (Bhojwani และ Razdan, 1996) จึงทำให้พืชออกรากได้ดีขึ้น ในส่วนของสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA และ IBA ทุกความเข้มข้น พบว่า สามารถชักนำให้เกิดรากได้ ทั้งนี้เนื่องจาก NAA และ IBA เป็นฮอร์โมนในกลุ่มออกซิน มีหน้าที่กระตุ้นการเจริญเติบโต ทำให้มีการแบ่งเซลล์ ยืดขยายตัวของเซลล์ และยังมีผลกระตุ้นการเกิดราก (ศิวพงศ์, 2546) อย่างไรก็ตาม อาหารเพาะเลี้ยงที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซินก็สามารถชักนำให้ยอดมีการพัฒนาของรากได้ แต่รากที่ได้มีขนาดเล็ก ผอมบาง และไม่แข็งแรง ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ในการชักนำให้เกิดรากของหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) จำเป็นต้องเติมออกซินลงในอาหารเพาะเลี้ยง และจากการศึกษาครั้งนี้ควรใช้อาหารสูตร ½MS ที่เติม AC ความเข้มข้น 0.01%, BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2 mg/l หรือ IBA ความเข้มข้น 1 mg/l เนื่องจากมีอัตราการเกิดรากสูง มีจำนวนรากมาก และมีรากยาว อย่างไรก็ตามอัตราการเกิดรากจากการทดลองนี้ยังไม่สูงมากนัก จึงจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของความเข้มข้นของธาตุอาหาร เมื่อลดลง ¼ เท่า (¼MS) และความเข้มข้นของออกซินต่อการเกิดรากของหัวข้าวเย็นชนิดนี้ต่อไป

สรุปผล

อาหารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนยอดของหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) คือ อาหารสูตร MS ที่เติม AC ความเข้มข้น 0.01% และ BA ความเข้มข้น 2 mg/l ส่วนอาหารที่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดราก คือ อาหารสูตร ½MS ที่เติม AC ความเข้มข้น 0.01%, BA ความเข้มข้น 2 mg/l ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2 mg/l หรือ IBA ความเข้มข้น 1 mg/l

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, 2545, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช: หลักการและเทคนิค, พิมพ์ครั้งที่ 3, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 219 หน้า.

ศิวพงศ์ จำรัสพันธุ์, 2546, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี, 187 หน้า.

Bhojwani, S.S. and Razdan, M.K., 1996, Plant Tissue Culture: Theory and Practice, A Revised Edition, Elsevier, Amsterdam, 767 p.

Craufurd, P.Q., Summerfield, R.J., Asiedu, R. and Vara, P.P.V., 2001, Dormancy in Yams, Experimental Agriculture, 37: 147-181.

Itharat, A., Jaiarree, N. and Kumapava, K., 2010, Cytotoxic Saponin Against Lung Cancer Cells from *Dioscorea birmanica* Prain & Burkill, Journal of the Medical Association of Thailand, 93: 192-197.

Loc, N.H., Duc, D.T., Kwon, T.H., and Yang, M.S., 2005, Micropropagation of Zedoary (*Curcuma zedoaria* Roscoe) a Valuable Medicinal Plant, Plant Cell Tissue Organ Culture, 81: 119-122.

Narula, A., Kumar, S., Bansal, K.C., and Srivastave, P.S., 2003, *In vitro* Micropropagation Differentiation of Aerial Bulbils and Tubers and Diosgenin Content in *Dioscorea bulbifera*, Planta Medica, 69: 778-779.

Wilkin, P. and Thapyai, C., 2009, Dioscoreaceae: Flora of Thailand, 10: 1-140 p.

Zhang, Z., Zhao, L., Chen, X., and Zheng, X., 2008, Successful Micropropagation Protocol of *Piper methysticum*, Biologia Plantarum, 52: 110-112.

Table 1 Effect of auxin at different concentrations on shoot multiplication of *D. birmanica*

auxin concentrations (mg/l)			shoot formation	shoot	number of nodes	shoot length
IAA	IBA	NAA	(%)	number	per shoot	(cm)
-	-	-	95	1.1	1.8[ab1/]	0.76
0.1			100	1.0	2.3[a]	1.01
0.2			80	0.9	1.5[b]	0.61
0.5			90	1.0	1.4[b]	0.68
	0.1		95	1.0	1.8[ab]	0.81
	0.2		85	0.9	1.5[b]	0.70
	0.5		80	0.8	1.8[ab]	0.98
		0.1	80	1.1	1.3[b]	0.59
		0.2	100	1.0	2.2[a]	0.86
		0.5	75	1.1	1.3[b]	0.66
F-test			ns	ns	*	ns
C.V. (%)			25.36	0.1	0.2	0.14

Table 2 Effect of auxin at different concentrations on root induction of *D. birmanica*

MS concentrations	auxin concentrations (mg/l)		root formation	root number	root length
	NAA	IBA	(%)		(cm)
½MS	-	-	30	0.5[bcd1/]	1.55[abc]
½MS	0.5		20	1.0[bcd]	0.60[bc]
½MS	1		40	1.8[abc]	1.19[abc]
½MS	2		60	2.2[a]	1.84[ab]
½MS		0.5	10	0.4[d]	0.26[c]
½MS		1	50	1.7[ab]	2.46[a]
½MS		2	20	0.5[bcd]	0.60[bc]
MS	-	-	20	0.4[d]	0.19[c]
MS	0.5		30	0.5[bcd]	1.15[abc]
MS	1		30	1.1[abcd]	0.95[bc]
MS	2		30	0.5[bcd]	0.78[bc]
MS		0.5	10	0.3[d]	0.19[c]
MS		1	30	0.3[d]	0.68[bc]
MS		2	30	0.4[d]	0.86[bc]
F-test			ns	*	*
C.V. (%)			70.92	32.9	33.14

[1/] Mean values within a column followed by the different letters were significantly different at P<0.05 according to DMRT.

* Significantly different at 95%

[ns] Not significantly different

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานน้ำตาล ของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยอำเภอห้วยเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์

Factors Affecting Choosing on Contract Farming with Sugarcane Factories of Sugarcane Farmers in Huai Mek District, Kalasin Province

ปิยะเนตร เนตรคุณ[1] **และ ยศ บริสุทธิ์**[1]
Neadkhun, P.[1] and Borisutdhi, Y.[1]

Abstract

Thailand's sugarcane factories in purchase sugarcane only from farmers who have made contract farming (CF) agreements with the factories but the sugarcane product is still insufficient to reach the factory potential capacity. Each factory has power to promote the production of a large amount of sugarcane, especially in good yield areas; each factory has promoted the production area overlap as a result farmers in the area where sign CF with several factories. So, the question arose whether what are the factors making sugarcane farmers choosing sign CF with factories in 2011/2012 production year; Huai Mek sub-district, Huai Mek district, Kalasin province as the study site by using questionnaire and sub-topics as the tools of data collection from purposive sampling thirty-one farmers. It was found that the farmers made CF with three factories. The farmers' property and capital were very important used as collateral for the bond CF with factories. The holding farmland by farmers themselves has no effect on the CF with several factories, but the production area count out the rental area and small farmland neighbors who without CF that have a significant to bound CF with factories of farmer. In addition, the factory considered giving high credit for cash or production factors, the close relationship between farmers and factory extension officers, the factory's has not rash farmers of delivery product, fuel reimbursement for faraway farmer, food and drink support, fast queuing, convenient transportation, the accustomed of farmer and factory, and friendly service of factory executives and administrators had significant effects on the farmers' selection of a factory to make CF and the case who bound CF with several factories affect the decision to sell their product for each factory much or less.

Keywords: sugar factory, sugarcane production extension, decision-making, purchase and sold sugarcane

บทคัดย่อ

โรงงานน้ำตาลในประเทศไทยรับซื้ออ้อยจากเกษตรกรเฉพาะผู้ทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานเท่านั้น แต่ผลผลิตที่ได้ยังไม่เพียงพอกับศักยภาพการผลิตของโรงงาน โดยแต่ละโรงงานต่างก็พยายามส่งเสริมการผลิตให้ได้อ้อยปริมาณมากขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีผลผลิตอ้อยดี ทำให้แต่ละโรงงานมีการส่งเสริมการผลิตในพื้นที่ทับซ้อนกันอันเป็นผลให้เกษตรกรบางรายในพื้นที่ทำเกษตรพันธสัญญากับหลายโรงงานด้วย จึงมีคำถามว่ามีปัจจัยอะไรบ้างที่ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยเลือกทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานใดในปีการผลิต 2554/55 โดยเลือกตำบลห้วยเม็ก อำเภอห้วยเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์เป็นพื้นที่ทำการศึกษา โดยใช้แบบสอบถามและกรอบประเด็นหรือ sub-topics เป็นเครื่องมือในการรวบรวบข้อมูลจากเกษตรกรที่เลือกแบบเจาะจงจำนวน 31 คนพบว่า ในพื้นที่ศึกษาที่มีเกษตรกรทำเกษตรพันธสัญญากับ 3 โรงงานโดยทรัพย์สินและเงินทุนที่เกษตรกรมีอยู่มีส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้ทำเกษตรกรใช้เป็นหลักประกันในการทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานการมีพื้นที่ที่เกษตรกรถือครองเองไม่มีผลต่อการทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงาน แต่การมีจำนวนพื้นที่ปลูกมากที่นับรวมเอาจากพื้นที่เช่าและนับรวมเอาพื้นที่ปลูกรายเล็กรายน้อยของเพื่อนบ้านที่ไม่ทำเกษตรพันธสัญญามีส่วนที่สำคัญในการทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงาน นอกจากนี้ยังพบว่า การที่โรงงานพิจารณาให้เงินเกี๊ยวสูง การมีความสัมพันธ์ของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมโรงงานกับเกษตรกร การไม่เร่งรัดให้ส่งอ้อยของโรงงาน การช่วยเหลือชดชยค่าน้ำมันเกษตรกรที่อยู่ไกล ค่าอาหารและน้ำดื่ม การมีระบบคิวการส่งอ้อยรวดเร็ว การคมนาคมสะดวก ความคุ้นเคยของเกษตรกรกับโรงงาน และการบริการที่เป็นกันเองของผู้บริหารและเจ้าหน้าที่โรงงานมีส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งที่เกษตรกรเลือกจะทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานใด และสำหรับกรณีผู้ที่ทำเกษตรพันธสัญญากับหลายโรงงานมีผลต่อการตัดสินใจในการนำอ้อยไปขายกับโรงงานใดมากหรือน้อย

คำสำคัญ: โรงงานน้ำตาล ส่งเสริมการปลูกอ้อย การตัดสินใจ การซื้อและการขายอ้อย

---

[1] **คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น** 40002
[1] Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

บทนำ

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมที่อยู่ภายใต้การควบคุมของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) ซึ่งเป็นหน่วยงานเลขานุการของคณะกรรมการตามพระราชบัญญัติ (พรบ.) อ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 โดยมีหน้าที่เกี่ยวกับการกำหนดนโยบายกำกับดูแลส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรม การซื้อขายอ้อยในประเทศไทยก็เช่นกันต้องดำเนินการภายใต้ พรบ. และการกำกับของ สอน. ดังกล่าวซึ่งกำหนดให้โรงงานน้ำตาลรับซื้อเฉพาะอ้อยจากเกษตรกรเฉพาะผู้ทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อสร้างความเป็นธรรมและรักษาผลประโยชน์ในระบบอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล ทรายและผู้บริโภค เนื่องจากอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อภาคเศรษฐกิจของประเทศไทยอย่างมาก จึงต้องมีระบบในการควบคุมดูแลทั้งเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยและโรงงานน้ำตาล ซึ่งหากไม่มีการดำเนินการดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคโดยตรงหรือต่ออุตสาหกรรมอื่นที่ใช้น้ำตาลเป็นวัตถุดิบในการผลิตตามมาอีกด้วย (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2556)

อย่างไรก็ตามถึงแม้ได้มีการกำหนดเขตที่ตั้งของโรงงานแต่ละโรงแต่โรงงานต่างๆได้มีความพยายามในการส่งเสริมการผลิตเพื่อให้ได้อ้อยเป็นวัตถุดิบป้อนให้เพียงพอกับศักยภาพการผลิตของโรงงานเองโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีผลผลิตอ้อยดี ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวนี้มักมีหลายโรงงานเข้าไปส่งเสริมทับซ้อนกันอันเป็นผลให้โรงงานแย่งผลผลิตกันและเกษตรกรบางรายในพื้นที่ทำเกษตรพันธสัญญากับหลายโรงงานด้วย ซึ่งแน่นอนประเด็นเหล่านี้ไม่ใช่ปัญหาของเกษตรกรแต่เป็นประโยชน์ของเกษตรกรที่สามารถเลือกทำเกษตรพันธสัญญาหรือมีช่องทางในการขายอ้อยของตนมากขึ้น ในทางกลับกันกลับเป็นความท้าทายของโรงงานที่ต้องเข้าให้ถึงและพยายามทำให้เกษตรกรทำเกษตรพันธสัญญากับตนและนำอ้อยมาขายให้ตนให้มากที่สุด จากที่กล่าวมาจึงเกิดคำถามว่ามีปัจจัยอะไรบ้างที่ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยเลือกทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานใด โดยเลือกตำบลห้วยเม็ก อำเภอห้วยเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นพื้นที่ทำการศึกษาซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีหลายโรงงานเข้าไปส่งเสริมเนื่องจากเป็นพื้นที่มีมีผลผลิตอ้อยดี ซึ่งคำตอบที่ได้จากการศึกษานี้ โรงงานน้ำตาลหรือผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพิจารณาการส่งเสริมการผลิตอ้อยแบบเกษตรพันธสัญญาให้ได้อ้อยพอเพียงกับศักยภาพของโรงงานและลดปัญหาการส่งเสริมการผลิตอ้อยแบบเกษตรพันธสัญญาที่เกิดขึ้นในระดับพื้นที่

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ได้เริ่มจากการศึกษาเบื้องต้นด้วยการศึกษาข้อมูลมือสองและได้สัมภาษณ์นักส่งเสริมและผู้บริหารโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่นพร้อมทั้งออกสำรวจพื้นที่และสัมภาษณ์ผู้นำเกษตรกรเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาเลือกพื้นที่ศึกษา จากนั้นได้การศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่ศึกษาแบบ purposive sampling โดยเลือกตำบลห้วยเม็ก อำเภอห้วยเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งเป็นพื้นที่คาบเกี่ยว 3 โรงงานและแต่ละโรงงานได้มีความพยายามที่จะทำการส่งเสริมการปลูกอ้อยแบบเกษตรพันธสัญญาเพื่อให้เกษตรกรนำอ้อยมาขายให้กับโรงงานของตนให้มากที่สุด โดยในพื้นที่มีผู้ปลูกอ้อยทั้งทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานเดียวและหลายโรงงาน จากนั้นได้เลือกผู้ให้ข้อมูลแบบ purposive sampling โดยจำแนกประเภทของเกษตรกรเพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษา คือ (1) เกษตรกรที่ทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานเพียงโรงงานเดียว ได้แก่ โรงงาน A, B และ C (นามสมมุติ)จำนวน 7, 3 และ 7 ราย ตามลำดับ (2) เกษตรกรที่ทำเกษตรพันธสัญญากับหลายโรงงาน ได้แก่ โรงงาน A กับ B และโรงงาน A กับ C จำนวน 5 และ 2 ราย ตามลำดับ (ในพื้นที่มีเฉพาะ A กับ B และ A กับ C เท่านั้น) และ (3) เกษตรกรที่ไม่ทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานใด จำนวน 7 ราย รวมทั้งสิ้น 31 ราย เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างในการรวบรวมข้อมูลสภาพการผลิตอ้อยของเกษตรกร และใช้กรอบประเด็น (sub-topics) ในการสัมภาษณ์เกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกษตรกรเผาอ้อยก่อนตัดในปีการผลิต 2554/55 โดยรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือน พย. 2555 ถึง มีค. 2556 สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณได้ใช้สถิติบรรยายวิเคราะห์สภาพการผลิตอ้อยของเกษตรกร ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพได้ทำการวิเคราะห์จำแนกประเภท วิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูล วิเคราะห์เชื่อมโยงหาความสัมพันธ์และสร้างข้อสรุป โดยวิเคราะห์ความคู่กับเหตุ (cause) ผล (effect) เหตุผล (reason) และสิ่งที่อำนวยให้เกิดผล (enabling) (ยศ, 2551) ในประเด็นที่เกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกโรงงานน้ำตาลเพื่อทำเกษตรพันธสัญญาของเกษตรกร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. **ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา และเกษตรกรผู้ให้ข้อมูล** ตำบลห้วยเม็ก อำเภอห้วยเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์ มีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมดราว 28,000 ไร่ โดยในปี 2554 พื้นที่ปลูกข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และอื่น จำนวน 19,000 7,000 1,500 และ 500 ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเกษตรอำเภอห้วยเม็ก, 2555) การศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรที่เป็นตัวแทนเกษตรกรประเภทต่างๆ ซึ่งผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นชาย (ร้อยละ 71) อายุเฉลี่ย 45.42±9.80 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับชั้น ป. 4 ประกอบอาชีพทำนา การทำไร่อ้อย ประกอบอาชีพนอกภาคการเกษตร มีประสบการณ์ในการปลูกอ้อยเฉลี่ย 13.06±5.02 ปี มีพื้นที่ปลูกอ้อยเป็นของตนเอง เฉลี่ย 36.26±31.73 ไร่ พื้นที่เช่าเฉลี่ย 2.81±5.40 ไร่เกษตรกรผู้ให้ข้อมูลมีที่ตั้งแปลงอ้อยเฉลี่ย 2.03±1.17 แปลง มีจำนวนแรงงานปลูกอ้อยในครัวเรือนเฉลี่ย 3.24±1.33 คน มีการจ้างแรงงานช่วยในการปลูกและตัดอ้อยเฉลี่ย 9.56±3.36 คน

2. **สภาพการผลิตอ้อยของเกษตรกร**

2.1 **การปลูกและการให้ปุ๋ยอ้อยปลูกใหม่** ส่วนใหญ่ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และ K88-92 (ร้อยละ 45.57 และ 37.10 ตามลำดับ) การปลูกเกษตรกรไม่ไถระเบิดดินดาน (ร้อยละ 100.00) แต่มีการไถดะ ไถพรวนหรือไถแปร และไถยกร่อง อย่างละ 1 ครั้ง (ร้อยละ 96.77 100.00 และ 100.00 ตามลำดับ) การปลูกมีทั้งใช้แรงงานคนและเครื่องจักรกล (ร้อยละ 77.42 และ 22.58 ตามลำดับ) ผู้ให้ข้อมูลส่วนมาก (ร้อยละ 93.55) ใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกอ้อยใหม่ เฉลี่ย 45.16±13.57 กก./ไร่ อย่างไรก็ตามมีส่วนหนึ่ง (ร้อยละ 54.84) ได้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ซื้อมาจากท้องตลาดโดยใช้เฉลี่ย 19.35± 35.77 กก./ไร่ และทั้งหมดใช้น้ำกากส่าอ้อย KA-1 ร่วมด้วย โดยใช้เฉลี่ย 3.55±4.46 ตัน/ไร่ มีการใช้ปุ๋ยคอกในการปลูกอ้อยใหม่มีจำนวนน้อยมาก (ร้อยละ 74.19) และใช้เพียง 19.35±35.77 กก./ไร่ สำหรับในช่วงของการบำรุงรักษาอ้อยหลังจากลงปลูกเจริญเติบโตระดับหนึ่งแล้ว ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ (ร้อยละ 96.77) ใช้ปุ๋ยเคมีบำรุงอ้อย เฉลี่ย 52.42±22.69 กก./ไร่ และมีเกษตรกรส่วนหนึ่ง (ร้อยละ 12.50) ได้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ซื้อมาจากท้องตลาดร่วมด้วยโดยใช้เฉลี่ย 14.52±41.22 กก./ไร่

2.2 **การปลูกและการให้ปุ๋ยอ้อยตอ** ผู้ให้ข้อมูลทั้งหมดใช้เครื่องจักรกลเข้าช่วยในการไถกลบอ้อยตอ ใช้ปุ๋ยเคมีบำรุงอ้อย (ร้อยละ 90.32) เฉลี่ย 60.48±22.15 กก./ไร่ และทั้งหมดใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ซื้อมาจากท้องตลาดร่วมด้วยโดยใช้เฉลี่ย 24.19±93.87 กก./ไร่

2.3 **ศัตรูอ้อยและการจัดการ** ทั้งอ้อยปลูกใหม่และอ้อยตอหากมีศัตรูระบาดผู้ให้ข้อมูลต่างได้จัดการศัตรูอ้อยด้วยวิธีการเดียวกัน คือ (1) โรคอ้อย ผู้ให้ข้อมูลทั้งหมดประสบปัญหาโรคใบขาวของอ้อยและเกษตรกรเกินกึ่งหนึ่งประสบโรคอื่นๆ ด้วย (ร้อยละ 54.84) โดยเมื่อประสบปัญหาโรคอ้อยแล้วมักปล่อยตามธรรมชาติ (ไม่ควบคุม) (ร้อยละ 100.00) (2) แมลงศัตรูอ้อย ส่วนใหญ่ประสบแมลงศัตรูอ้อยเข้าทำลาย (ร้อยละ 69.65) เมื่อประสบแล้วมักปล่อยตามธรรมชาติ (ร้อยละ 67.74) (3) วัชพืชเป็นปัญหาที่ผู้ให้ข้อมูลทั้งหมดประสบ โดยผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ (ร้อยละ 45.16) ได้สารสารเคมีฉีดพ่น และเห็นว่าเมื่ออ้อยโตแล้ววัชพืชก็ไม่สามารถเจริญเติบโตได้

3. **การเก็บเกี่ยวอ้อย และช่องทางการจำหน่ายอ้อยของเกษตรกร** ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ตัดอ้อยในช่วงต้นฤดูกาลหีบอ้อย (พย.-ธ.ค.) (ร้อยละ 54.84) และมีเกษตรกรส่วนหนึ่งตัดอ้อยกลางฤดูกาลหีบ (มค.-กพ.) (ร้อยละ 45.16) โดยทั้งหมดใช้แรงงานคนในการตัดอ้อย โดยใช้แรงงานครัวเรือนตัดอ้อยเฉลี่ย 1.74±1.39 คน และใช้แรงงานว่าจ้างตัดอ้อยเฉลี่ย 10.03±1.74 คน เกือบทั้งหมดตัดอ้อยด้วยวิธีการเผาก่อนตัด เนื่องจากเห็นว่าประหยัดแรงงาน ประหยัดเวลา มีความสะดวกในการตัด และเป็นการลดต้นทุนค่าจ้างแรงงาน (ร้อยละ 22.94 22.02 21.10 20.18 ตามลำดับ) สำหรับการรวมอ้อยจากไร่ไปจำหน่าย ส่วนใหญ่ใช้รถคีบ (ร้อยละ 80.65) สำหรับเกษตรกรที่ไม่ทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงาน (ร้อยละ 27.27) มักขายให้เครือญาติที่มีโควตา หรือขายให้พ่อค้าที่มีโควตาอ้อย โดยในปีการผลิต 2554/55 อ้อยที่ปลูกใหม่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 21.20±33.81 ตัน /ไร่ ค่า CCS เฉลี่ย 12±1.11 CCS ส่วนอ้อยตอให้ผลผลิตเฉลี่ย 10.12±2.64 ตัน /ไร่ ค่า CCS เฉลี่ย 11.95±0.99 CCS

4. **สภาพการทำเกษตรแบบพันธสัญญากับโรงงานน้ำตาลของเกษตรกร** จากการสัมภาษณ์ผู้นำเกษตรกรและผู้รู้ ในพื้นที่ พบว่ามีเกษตรกรทำเกษตรพันธสัญญากับ 3 โรงงาน ได้แก่ โรงงาน A, B และ C ซึ่งแต่ละโรงงานมีระยะทางประมาณ 70 80 และ 150 กม. ตามลำดับ โดยมีเกษตรกรส่วนหนึ่งไม่ทำเกษตรพันธสัญญาเลย (ประมาณร้อยละ 25) แต่ส่วนใหญ่แล้วทำเกษตรพันธสัญญา โดยส่วนหนึ่งทำกับโรงงานเดียว (ประมาณร้อยละ 50) และมีส่วนหนึ่งทำกับ 2 โรงงาน (ประมาณร้อยละ 25) สำหรับผู้ปลูกอ้อยแบบเกษตรพันธสัญญาพบว่า ในปี 2554/55 มีโคตาในการส่งอ้อยให้กับโรงงานเฉลี่ย 177.1±478.73 ทั้งนี้ ต่ำสุด 60 ตันสูงสุด 5,000 ตัน แต่โดยทั่วไปแล้ว มีโคตาราว 100 200 และ 500 ตัน จากการสัมภาษณ์ผู้นำเกษตรกรพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงาน A ทั้งนี้เนื่องจากโรงงาน A ได้เป็นผู้บุกเบิกในการส่งเสริมการปลูกอ้อยในพื้นที่ รองลงมาได้แก่โรงงาน C และโรงงาน B ตามลำดับ

5. **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกโรงงานน้ำตาลเพื่อทำเกษตรพันธสัญญาของเกษตรกร**

5.1 **ปัจจัยจากตัวเกษตรกรเอง** จากการศึกษาพบว่า (1) ทรัพย์สินและเงินทุนที่เกษตรกรมีอยู่ มีส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้เกษตรกรใช้เป็นหลักประกันในการทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงาน โดยทรัพย์สินและเงินทุนดังกล่าวนี้ ได้แก่ ที่ดิน รถยนต์นั่ง รถบรรทุก สิ่งปลูกสร้าง เงินในบัญชีธนาคาร ซึ่งใช้เป็นหลักทรัพย์ค้ำประกันเพื่อรับเงินเกี๊ยวและทำพันธสัญญากับโรงงานอ้อย (เงินเกี๊ยว หมายถึง เงินสดหรือสินเชื่อปัจจัยการผลิตที่ใช้เป็นสิ่งมัดจำหรือประกันการขายอ้อยล่วงหน้าซึ่งส่วนใหญ่ เป็นสินเชื่อปัจจัยการผลิต เช่น เงินกู้ หรือปุ๋ยเคมี เป็นต้น) ซึ่งการได้เงินเกี๊ยว มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับทรัพย์สินและเงินทุนที่เกษตรกรนำไปค้ำประกันกับโรงงานและ (2) การมีพื้นที่ที่เกษตรกรถือครองเองไม่มีผลต่อการทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงาน แต่การมีจำนวนพื้นที่ปลูกมากที่นับรวมเอาจากพื้นที่เช่า และนับรวมเอาพื้นที่ปลูกรายเล็กรายน้อยของเพื่อนบ้านหรือญาติพี่น้องที่ไม่ทำเกษตรพันธสัญญาและยินยอมให้ใช้พื้นที่เป็นส่วนหนึ่งของหลักทรัพย์ประกันเพื่อรับเงินเกี๊ยวจากโรงงาน มีส่วนที่สำคัญในการทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงาน ในทางกลับกันเกษตรกรที่มีทรัพย์สินและเงินทุนน้อย และมีพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกอ้อยเฉพาะพื้นที่ของตนเอง อีกทั้งไม่สามารถเช่า หรือไม่สามารถหาพื้นที่ของพื้นบ้านหรือญาติพี่น้องมาใช้หลักค้ำประกันเพื่อรับเงินเกี๊ยวได้ มีผลต่อการตัดสินใจไม่ทำการปลูกอ้อยแบบเกษตรพันธสัญญา โดยเกษตรกรเหล่านี้ผู้ที่มีพื้นปลูกของตนเองมาก มักขายอ้อย ทั้งแบบตกเขียวอ้อยขณะที่อ้อยยังเล็กและอ้อยใหญ่พร้อม

ตัดแล้ว ส่วนผู้ที่มีพื้นปลูกของตนเองน้อย มักขายอ้อยแบบตกเขียวทั้งแบบตกเขียวอ้อยขณะที่อ้อยยังเล็กและอ้อยใหญ่ พร้อมตัดแล้วเช่นเดียวกันแต่มีผู้ปลูกบางรายตัดอ้อยขายเอง โดยเกษตรกรเหล่านี้เป็นญาติพี่น้องหรือเพื่อนบ้านของเกษตรกรที่ทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงาน จากผลการศึกษาเห็นได้ว่าการทำเกษตรพันธสัญญากรณีอ้อยอาจมีจุดอ่อนน้อยกว่าการทำกับการผลิตทางการเกษตรอื่นเนื่องจากอ้อยมี พรบ. อ้อยและน้ำตาลที่มีผลตามกฎหมายโดยเฉพาะแต่การผลิตทางการเกษตรอื่นไม่มีเช่นนี้ อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่าเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยทั้งหมดจะสามารถทำเกษตรพันธสัญญาได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องทรัพย์สินและเงินทุนประกอบการทำเกษตรพันธสัญญา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของเบ็ญจพร และคณะ (2555) ที่รายงานว่าเกษตรกรรายย่อยต้องขายอ้อยให้กับเกษตรกรที่เป็นหัวหน้าโควต้าหรือผู้ที่ทำเกษตรพันธสัญญาโดยตรงกับโรงงานเท่านั้นเกษตรกรรายย่อยทั่วไปไม่สามารถนำอ้อยไปขายให้กับโรงงานด้วยตัวเองได้ ซึ่ง Sriboonchitta และ Wiboonpongse (2005) ได้ให้ข้อสังเกตเกี่ยวกับเกษตรพันธสัญญาในประเทศไทยว่า การที่มีการแข่งขั้นกันมากทางการตลาดโดยการทำเกษตรพันธสัญญาเพื่อให้มีผลผลิตมากพอเพียงกับความต้องการ การแข่งขันนี้อาจไม่เป็นตัวเลือกดีที่สุดของเกษตรกร

5.2 **ปัจจัยจากโรงงาน** จากการศึกษาพบว่า การที่โรงงานพิจารณาให้เงินเกี้ยวสูง การมีความสัมพันธ์ของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมโรงงานกับเกษตรกร การไม่เร่งรัดให้ส่งอ้อยของโรงงาน การช่วยเหลือชดชยค่าน้ำมันเกษตรกรที่อยู่ไกล ค่าอาหารและน้ำดื่ม การมีระบบคิวการส่งอ้อยรวดเร็ว การคมนาคมสะดวก ความคุ้นเคยของเกษตรกรกับโรงงานและการบริการที่เป็นกันเองของผู้บริหารและเจ้าหน้าที่โรงงานมีส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งที่เกษตรกรเลือกจะทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานใด และสำหรับกรณีผู้ที่ทำเกษตรพันธสัญญากับหลายโรงงานมีผลต่อการตัดสินใจในการนำอ้อยไปขายกับโรงงานใดมากน้อย ซึ่งวิชรัตน์ และ ณัฏฐ์ (2554) รายงานว่า ราคาการรับซื้อและการบริการของโรงงานมีส่วนที่สำคัญที่ทำให้เกษตรกรรายย่อยนำอ้อยมาจำหน่ายให้กับโรงงาน นอกจากนี้ จากการสัมภาษณ์แกนนำเกษตรกรและผู้รู้ในพื้นที่พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ เลือกทำกับโรงงาน A สำหรับเกษตรกรที่ทำเกษตรพันธสัญญากับหลายโรงงานก็มักทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงาน A ร่วมโรงงานอื่นด้วย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโรงงาน A เป็นโรงงานที่บุกเบิกการส่งเสริมในพื้นที่ และส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะโรงงาน A อยู่ใกล้ ซึ่ง วิชรัตน์ และ ณัฏฐ์ (2554) รายงานว่ารายงานว่า ระยะทางการขนส่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกษตรกรพิจารณาในการขายอ้อยซึ่งการขายอ้อยนี้มีความสัมพันธ์กับการเลือกทำเกษตรพันธสัญญาของเกษตรกรเช่นกัน

สรุปผล

ทรัพย์สินและเงินทุนที่เกษตรกรมีอยู่มีส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้เกษตรกรใช้เป็นหลักประกันในการทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงาน การมีพื้นที่ที่เกษตรกรถือครองเองมีไม่มีผลต่อการทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานแต่การมีจำนวนพื้นที่ปลูกมากที่นับรวมเอาจากพื้นที่เช่าและนับรวมเอาพื้นที่ปลูกรายเล็กรายน้อยของเพื่อนบ้านที่ไม่ทำเกษตรพันธสัญญามีส่วนที่สำคัญที่ในการทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงาน โดยปัจจัยที่ทำให้เกษตรกรเลือกทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงาน ได้แก่ การที่โรงงานพิจารณาให้เงินเกี้ยวหรือสินเชื่อปัจจัยการผลิตที่สูง การมีความสัมพันธ์ของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมกับเกษตรกร การไม่เร่งรัดให้ส่งอ้อยของโรงงาน การช่วยเหลือชดชยค่าน้ำมันเกษตรกรที่อยู่ไกลตลอดจนค่าอาหารและน้ำดื่ม การมีระบบคิวการส่งอ้อยรวดเร็ว การคมนาคมสะดวก ความคุ้นเคยของเกษตรกรกับโรงงาน และการบริการที่เป็นกันเองของผู้บริหารและเจ้าหน้าที่โรงงาน มีส่วนที่สำคัญที่ทำให้เกษตรกรเลือกทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานใด และสำหรับกรณีผู้ที่ทำเกษตรพันธสัญญากับหลายโรงงานปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการตัดสินใจในการนำอ้อยไปขายกับโรงงานใดมากน้อย ดังนั้นหากโรงงานในสามารถตอบโจทย์ในปัจจัยเหล่านี้ได้ก็จะทำให้เกษตรกรพิจารณาเลือกทำเกษตรพันธสัญญาด้วยซึ่งมีผลต่อปริมาณอ้อยที่โรงงานได้รับตามมาเช่นกัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเกษตรกรที่ให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณผู้บริหาร นักวิชาการส่งเสริม และเจ้าหน้าที่ โรงงานน้ำตาลที่เกี่ยวข้องที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการรวบรวมข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

เบ็ญจพร ภูฆัง ศานิต เก้าเอี้ยน และ จักรกฤษณ์ พจนศิลป์, 2555, การวิเคราะห์ธุรกิจการจัดหาอ้อยในจังหวัดสุพรรณบุรี, วารสารเกษตรศาสตร์: สังคมศาสตร์, 33(2): 253-263.

ยศ บริสุทธิ, 2551, แนวทางเชิงระบบสำหรับการวิเคราะห์ระบบเกษตรเพื่อการพัฒนา, แก่นเกษตร, 36: 352-367.

วิชรัตน์ บุปผาพันธุ์ และ ณัฏฐ์ ธันยภรสกล, 2554, การศึกษาการตัดสินใจเลือกช่องทางการขายของเกษตรกรชาวไร่อ้อยรายเล็กของ บริษัทรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม จำกัด สาขามิตรภูเวียง จังหวัดขอนแก่น, วารสารวิจัย มข. ธุรกิจและเศรษฐกิจ, 10(2): 212-224.

สำนักงานเกษตรอำเภอห้วยเม็ก, 2555, ข้อมูลการเกษตรอำเภอห้วยเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์ พ.ศ. 2554, สำนักงานเกษตรอำเภอห้วยเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์, กาฬสินธุ์.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2556, พระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 มีสรุปสาระสำคัญไร, สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

Sriboonchitta, Songsak and Wiboonpongse, Aree, 2005, Analysis of Contract Farming in Thailand, Chiang Mai University Journal, 4(3): 361-385.

การเปรียบเทียบพันธุ์เพื่อประเมินผลผลิตของถั่วเขียวภายใต้ชุดดินโพนพิสัย

Comparison of Cultivars for Yield Performance in Mungbean under Phon Phisai Soil Series

สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ[1] มินตรา เลิศจิรธัญวัฒน์[1] และ ประมง เบกไธสง[1]

Sriphadet S.[1], Ladjitunyawat M.[1] and Begthaisong P.[1]

Abstract

The comparison of yield and yield component among 17 mungbean varieties under Phon Phisai soil series was performed. The RCBD was used in this experimental with three replications at Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, during November 2012 to February 2013. Ten characters were determined viz. day to first flowering, day to harvest, plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, pod length, pod width, 100 seed weight, yield per plant and total yield. The results showed significant differences among characters under this study. KUML1, KUML2 and KUML4 were the highest day to harvest. CN36 was the highest plant height. Phitsanulok 2 was the highest number of pods per plant. KPS2 produced highest number of seeds per pod, pod width and total yield. Berken showed the latest pod length. KUML4 were the highest in 100 seed weight. While, UT2 showed the highest yield per plant. Yield was positively correlated with plant height and number of pods per plant but negatively correlated with number of seeds per pod, pod length and pod width. It is concluded that KPS1 and PKS 2 was the most suitable for growing under Phon Phisai soil series.

Keywords: mungbean, Phon Phisai soil series, correlation, yield components.

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบผลผลิตของถั่วเขียว 17 พันธุ์ ภายใต้ชุดดินโพนพิสัย ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ทำการเปรียบเทียบจากองค์ประกอบของผลผลิต ได้แก่ วันดอกแรกบาน วันเก็บเกี่ยว ความสูงต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก ความยาวฝัก ความกว้างฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด ผลผลิตต่อต้น และผลผลิตทั้งหมดกิโลกรัมต่อไร่ พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์ KUML1 KUML2 และKUML4 มีวันเก็บเกี่ยวเฉลี่ยช้าที่สุด ถั่วเขียวพันธุ์ CN36 มีความสูงต้นสูงที่สุด ถั่วเขียวพันธุ์พิษณุโลก 2 จำนวนฝักต่อต้นสูงที่สุด ถั่วเขียวพันธุ์ KPS2 มีจำนวนเมล็ดต่อฝัก ความกว้างฝัก และผลผลิตทั้งหมดกิโลกรัมต่อไร่สูงที่สุด ถั่วเขียวพันธุ์ Berken มีความยาวฝักมากที่สุด ถั่วเขียวพันธุ์ KUML4 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดสูงที่สุด และถั่วเขียวพันธุ์ UT2 มีผลผลิตต่อต้นสูงที่สุด นอกจากนี้ ผลผลิตทั้งหมดมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับความสูงต้น และจำนวนฝักต่อต้น แต่มีค่าสหสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก ความยาวฝัก และความกว้างฝัก จากการทดลองสรุปได้ว่า พันธุ์ KPS1 และ PKS 2 เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปลูกภายใต้ชุดดินโพนพิสัย

คำสำคัญ: ถั่วเขียว ชุดดินโพนพิสัย ค่าสหสัมพันธ์ องค์ประกอบผลผลิต

คำนำ

ถั่วเขียว (mungbean) เป็นพืชไร่ที่มีอายุสั้น และเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมาเป็นระยะเวลานาน เจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้ภายในประเทศเพื่อการบริโภคโดยตรง และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ผลิตแป้งวุ้นเส้น ถั่วงอก และประกอบอาหารอื่นๆ ทำให้ปริมาณความต้องการในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี แต่พื้นที่ปลูกถั่วเขียวกลับลดลงเนื่องจากราคาเมล็ดพันธุ์ และเกษตรกรหันไปปลูกพืชชนิดอื่น ๆ ซึ่งในปีเพาะปลูก 55/56 มีพื้นที่ปลูกถั่วเขียวประมาณ 9.1 แสนไร่ มีผลผลิต 1.03 แสนตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ถั่วเขียวที่นิยมปลูกใน

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Muang District, Sakon Nakhon Province, 47000

ประเทศไทยมีถั่วเขียวผิวมันและถั่วเขียวผิวดำ ซึ่งนิยมปลูกในระบบปลูกพืช ช่วยบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน ตรึงไนโตรเจนได้ดี สามารถใช้เป็นปุ๋ยพืชสด ใช้ปลูกก่อนหรือหลังการทำนาหรือทำไร่ เพื่อตัดวงจรการระบาดของศัตรูพืช ทดแทนข้าวนาปรัง หรือปลูกก่อนข้าวโพดในพื้นที่ประสพภัยแล้ง เนื่องจากใช้น้ำน้อยกว่าพืชไร่อื่นๆ หลายชนิด เนื่องจากดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนส่วนใหญ่เป็นชุดดินโพนพิสัย ซึ่งมีองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีไม่เหมาะสมสำหรับการเกษตรกรรม เป็นดินตื้น มีกรวด ลูกรัง หรือเศษหินปะปนในระดับความลึกของรากเจริญของรากพืชทั่วไป ปริมาณเนื้อดินละเอียดน้อย ทำให้มีธาตุอาหารพืชต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องปลูกพืชบำรุงดิน ซึ่งถั่วเขียวก็เป็นพืชหนึ่งที่น่าสนใจ โดยแต่ละพันธุ์สามารถตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้แตกต่างกัน ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาและประเมินผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเขียวผิวมันและผิวดำ เพื่อให้ได้พันธุ์ที่เหมาะสมในชุดดินโพนพิสัย

อุปกรณ์และวิธีการ

แปลงทดสอบพันธุ์ถั่วเขียว: ปลูกถั่วเขียวจำนวน 17 พันธุ์ในชุดดินโพนพิสัย ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร แต่ละพันธุ์ปลูกเป็นแถวยาว 3 เมตร จำนวน 4 แถว ระยะระหว่างแถว 50 ซม. ระหว่างต้น 12.5 ซม. ตามแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ เก็บข้อมูล 2 แถวกลาง เก็บข้อมูล 10 ต้นต่อซ้ำ ถอนแยกต้นถั่วเขียวให้เหลือหลุมละต้น ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 จำนวน 30 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่หลังปลูก 28 วัน กำจัดวัชพืชหลังถั่วเขียวงอก 14-28 วัน ให้น้ำอย่างสม่ำเสมอจนถั่วเขียวเริ่มติดฝัก

การบันทึกข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต ดังนี้ วันดอกแรกบาน (วัน) (DF), วันเก็บเกี่ยว (วัน) (DH), ความสูงต้น (ซม.) (PH), จำนวนฝักต่อต้น (PP), จำนวนเมล็ดต่อฝัก (SP), ความยาวฝัก (ซม.) (PL), ความกว้างฝัก (ซม.) (PW), น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) (SW), ผลผลิตต่อต้น (กรัม) (Y) และผลผลิตทั้งหมด (กิโลกรัมต่อไร่) (TY)

การวิเคราะห์ข้อมูล: วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation analysis) องค์ประกอบผลผลิต

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อวิเคราะห์ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตดังแสดงใน Table 1 ซึ่งพันธุ์ที่ใช้ทดสอบสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มถั่วเขียวผิวดำ มีพันธุ์อู่ทอง 2, พิษณุโลก 2, ชัยนาท 2 และชัยนาท 80 กับกลุ่มถั่วเขียวผิวมัน มีพันธุ์กำแพงแสน 1, กำแพงแสน 2, มทส.1, มทส.4, ชัยนาท 36, ชัยนาท 72, White gold, Berken, KUML1, KUML2, KUML3, KUML4 และ KUML5 ซึ่งถั่วเขียวทั้งสองชนิดมีลักษณะประจำพันธุ์และการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้แตกต่างกัน โดยถั่วเขียวผิวดำมีจำนวน 5.85-6.21 เมล็ดต่อฝัก ฝักยาว 5.06-5.32 ซม. ฝักกว้าง 0.48-0.49 ซม. ซึ่งน้อยกว่าถั่วเขียวผิวมันที่มี 9.05-10.25 เมล็ดต่อฝัก ฝักยาว 9.20-9.93 ซม. ฝักกว้าง 0.50-0.53 ซม. ดังนั้นทำให้ถั่วเขียวผิวดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ด (5.05-6.19 กรัม) น้อยกว่าพันธุ์ถั่วเขียวผิวมัน (5.50-7.82 กรัม) แต่ถั่วเขียวผิวดำมีจำนวน 7.80-29.54 ฝักต่อต้น มากกว่าถั่วเขียวผิวมันที่มี 7.75-10.54 ฝัก ส่วนถั่วเขียวผิวมันพันธุ์กำแพงแสน 2 ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ 144.43 กิโลกรัมต่อไร่ พันธุ์กำแพงแสน 1 รองลงมาให้ผลผลิต 135.96 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนถั่วเขียวผิวดำพันธุ์อู่ทอง 2 และพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ให้ผลผลิต 126.24 และ 102.80 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ถั่วเขียวผิวดำมีความสูง 31.11–54.67 ซม. ขณะที่ถั่วเขียวผิวมันสูง 43.72-68.35 ซม. สอดคล้องกับกรมวิชาการเกษตร (2552) รายงานว่า ถั่วเขียวผิวดำลำต้นเป็นพุ่มใหญ่ มีการแตกกิ่ง จำนวนฝัก 28.16-29.54 ฝักต่อต้น และมีจำนวนฝักมากกว่าถั่วเขียวผิวมัน ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท (2544) รายงานว่า ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 และกำแพงแสน 1 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 157 และ 160 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ถั่วเขียวผิวมันมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยอยู่ที่ 6.21-7.26 กรัม ส่วนถั่วเขียวผิวดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ด เฉลี่ยอยู่ที่ 4.4-5.0 กรัม กรมวิชาการเกษตร (2552) รายงานว่า ฝักถั่วเขียวเมื่อเก็บเกี่ยวยาว 5-10 ซม. และความกว้างฝักมีขนาด 0.4-0.6 ซม. ถั่วเขียวผิวมันมี 5-15 เมล็ดต่อฝัก แต่ถั่วเขียวผิวดำมีจำนวนเมล็ดต่อฝักน้อย เนื่องจากฝักมีขนาดเล็กและสั้น จึงมี 7 เมล็ดต่อฝัก ลักษณะวันดอกแรกบาน (27-34 วัน) กับวันเกี่ยว (64.50-71.00 วัน) ใกล้เคียงทั้งผิวมันและผิวดำ ซึ่งกรมวิชาการเกษตร (2552) รายงานว่า ถั่วเขียวมีอายุวันเก็บเกี่ยว 65-75 วัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ความชื้นดิน และสภาพภูมิอากาศ ถ้าดอกออกเร็ว ฝักจะลีบ และเมล็ดขนาดเล็ก แต่เก็บเกี่ยวได้เร็ว ส่วนดอกออกช้า อายุวันเก็บเกี่ยวนาน ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น อีกทั้งอุณหภูมิ และสภาพภูมิอากาศก็เป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่ง ต้นถั่วเขียวสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ทำให้มีความสูงเพิ่มขึ้น และอายุการเก็บเกี่ยวนานขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำ

กว่า 15 องศาเซลเซียส ถั่วเขียวชะงักการเจริญเติบโต โดยทั่วไปต้นถั่วเขียวมีความสูงจากระดับดินถึงยอดของลำต้น 30-120 ซม. (พีระศักดิ์, 2542)

เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ดังแสดงใน Table 2 พบว่า ผลผลิตต่อต้นมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนฝักต่อต้น, ความสูงต้น และวันดอกแรกบาน แต่มีค่าสหสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก, ความยาวฝัก และความกว้างฝัก ในขณะที่น้ำหนัก 100 เมล็ดมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก, ความยาวฝัก และความกว้างฝัก และความสูงต้น แต่มีค่าสหสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนฝักต่อต้น ส่วนความกว้างและความยาวฝักมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก แต่มีค่าสหสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนฝักต่อต้น ส่วนจำนวนเมล็ดต่อฝักมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับความสูงต้น แต่มีค่าสหสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนฝักต่อต้น และวันดอกแรกบาน แต่ลักษณะความสูงต้นมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับวันเก็บเกี่ยว สอดคล้องกับ Sriphadet และคณะ (2007) และ Rahim และคณะ (2010) พบว่า ผลผลิตต่อต้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนฝักต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด ความสูงของต้น และวันดอกแรกบาน แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความยาวและความกว้างฝัก ซึ่งพันธุ์ที่มีจำนวนฝักมาก ฝักมีขนาดยาว เมล็ดมีขนาดใหญ่ ลำต้นสูง มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูง (khan และคณะ, 2001และ Sriphadet และคณะ, 2010) แต่จากการทดลองพบว่า ถั่วเขียวมีฝักขนาดเล็ก และจำนวนเมล็ดต่อฝักน้อย แต่มีการสร้างจำนวนฝักต่อต้นมาก และมีความสูงมาก ซึ่งการที่ถั่วเขียวมีความสูงเพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มโอกาสการแตกกิ่งแขนง เพื่อเพิ่มจำนวนใบและทรงพุ่มในการรับแสงมาก ทำให้สามารถนำมาใช้ในการสร้างอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี มีผลให้ผลผลิตมากขึ้นด้วย อีกทั้งถั่วเขียวมีการสร้างช่อดอกถั่วเขียวที่บริเวณปลายยอดของกิ่งแขนง และลำต้นซึ่งมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของการออกดอก การติดฝัก และผลผลิต ดังนั้น ผลผลิตต่อต้นขึ้นกับหลายปัจจัย ได้แก่ ขนาดเมล็ด จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก ความยาวและความกว้างฝัก ความสูงต้น การสังเคราะห์ด้วยแสง ความเข้มแสง และค่าสุทธิแสงสูงสุด (Sriphadet, 2010)

สรุปผล

ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 และพันธุ์กำแพงแสน 1 เหมาะสมกับชุดดินโพนพิสัย เมื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต พบว่า ผลผลิตต่อต้นมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับวันออกดอกแรก ความสูงต้น และจำนวนฝักต่อต้น แต่มีค่าสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก ความยาวฝัก และความกว้างฝัก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้งบประมาณสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2552, การปลูกถั่วเขียว, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน, 2547, ชุดดินโพนพิสัย, ลักษณะชุดดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรมพัฒนาที่ดิน [สืบค้น], http://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/northeast/Pp.htm [6/ July/ 13].

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 2542, ถั่วเขียว, พืชเศรษฐกิจ, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555, ผลพยากรณ์การผลิตถั่วเขียว ปี 2555 (ปีเพาะปลูก 2555/56), วารสารพยากรณ์ผลผลิตการเกษตรปีที่ 27 ฉบับที่ 2 [สืบค้น], http://www2.oae.go.th/mis/Forecast/page3_th.html [6/ July/ 13].

ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท, 2544, การปลูกถั่วเขียว, เอกสารคำแนะนำ การปลูกถั่วเขียว, สถาบันวิจัยพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Khan, M., Nawab, K., Khan, A. and Baloch, M.S., 2001, Genetic Variability and Correlation Studies in Mungbean, J Journal of Biological Sciences, 1: 117-119.

Rahim, M.A., Mia, A.A., Mahmud, F., Zeba N. and Afrin, K.S., 2010, Genetic Variability, Character Association and Genetic Divergence in Mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). Plant Omics Journal, 3: 1-6

Sriphadet, S., Lambrides, C.J. and Srinives, P, 2007, Inheritance of Agronomic Traits and their Interrelationship in Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). Journal of Crop Science and Biotechnology, 10: 123-132.

Sriphadet, S., 2010, Effect of Leaflet Size and Number on Agronomical and Physiological Characters of Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). Ph.D. Thesis, Kasetsart university, Bangkok.

Sriphadet, S., Kasemsap, P. and Srinives, P., 2010, Effect of Leaflet Size and Number on Agronomic and Physiological Traits of Mungbean. Journal of Agricultural Science, 148: 353-361.

Table 1 Mean comparison of some agronomic characters of mungbean

lines	DF	DH	PH	PP	SP	PL	PW	SW	Y	TY
KPS1†	27.00^{f}	66.00^{bc}	54.92^{cd}	9.25^{cd}	9.22^{de}	9.27^{bc}	0.52^{a-c}	6.65^{cd}	14.78^{de}	135.97^{a}
KPS2	27.00^{f}	66.00^{bc}	56.20^{c}	9.04^{cd}	10.25^{a}	9.31^{a-c}	0.53^{a}	6.50^{de}	15.53^{c-e}	144.43^{a}
KUML1	30.00^{c}	71.00^{a}	53.40^{c-e}	8.66^{cd}	9.84^{ab}	9.20^{c}	0.50^{bc}	7.58^{ab}	16.29^{c-e}	133.48^{a}
KUML2	30.00^{c}	71.00^{a}	43.67^{f}	8.66^{cd}	9.70^{b-d}	9.26^{c}	0.51^{a-c}	7.20^{bc}	14.63^{de}	62.05^{a-c}
KUML3	30.00^{c}	66.00^{bc}	44.60^{ef}	7.87^{d}	9.73^{b-d}	9.25^{c}	0.50^{bc}	6.75^{cd}	14.61^{de}	91.40^{a-c}
KUML4	29.33^{cd}	71.00^{a}	57.48^{bc}	10.54^{b-d}	9.73^{b-d}	9.30^{a-c}	0.50^{bc}	7.82^{a}	17.68^{cd}	108.77^{a-c}
KUML5	28.00^{e}	60.00^{d}	45.51^{ef}	9.43^{cd}	9.97^{ab}	9.30^{a-c}	0.53^{a}	7.10^{bc}	15.43^{c-e}	122.72^{ab}
STU1	28.00^{e}	69.33^{ab}	43.80^{f}	8.37^{cd}	9.29^{c-e}	9.52^{a-c}	0.51^{a-c}	6.41^{de}	13.90^{e}	75.85^{a-c}
STU4	28.00^{e}	68.00^{a-c}	45.81^{d-f}	7.75^{d}	9.52^{b-e}	9.63^{a-c}	0.50^{bc}	6.11^{de}	14.55^{de}	71.48^{a-c}
CN36	31.00^{b}	69.00^{ab}	68.35^{a}	13.87^{bc}	9.62^{b-d}	9.53^{a-c}	0.51^{a-c}	6.35^{de}	18.85^{bc}	85.82^{a-c}
CN72	27.00^{f}	67.33^{a-c}	43.72^{f}	8.16^{cd}	9.77^{a-c}	9.32^{a-c}	0.51^{a-c}	5.50^{ef}	15.35^{c-e}	112.19^{a-c}
Berken	31.66^{b}	68.66^{ab}	51.30^{c-f}	8.37^{cd}	9.06^{e}	9.93^{a}	0.50^{bc}	6.30^{de}	15.37^{c-e}	81.13^{a-c}
WG	31.00^{b}	70.50^{a}	65.67^{ab}	10.06^{b-d}	9.05^{e}	9.91^{ab}	0.51^{a-c}	7.52^{ab}	17.841^{cd}	80.28^{a-c}
UT2	31.00^{b}	69.66^{ab}	54.67^{cd}	28.16^{a}	6.21^{f}	5.11^{d}	0.48^{d}	5.05^{g}	22.20^{a}	126.24^{ab}
P2	29.00^{d}	67.33^{a-c}	43.69^{f}	29.54^{a}	5.85^{f}	5.29^{d}	0.49^{cd}	5.89^{ef}	21.60^{ab}	102.80^{a-c}
CN2	34.00^{a}	69.00^{ab}	44.33^{ef}	15.08^{b}	5.91^{f}	5.32^{d}	0.48^{d}	5.93^{ef}	15.68^{c-e}	98.42^{a-c}
CN80	27.00^{f}	64.50^{c}	31.11^{g}	7.81^{d}	6.09^{f}	5.06^{d}	0.48^{d}	6.19^{de}	13.05^{e}	33.14^{c}
Mean	29.37	68.11	49.86	12.11	8.72	8.40	0.50	6.49	16.39	100.30
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*
C.V (%)	1.13	2.27	9.22	22.21	2.90	3.65	2.85	4.36	27.20	38.80

† Kamphaeng Saen 1 (KPS1), Kamphaeng Saen 2 (KPS2), STU1, STU4, UT2, Chai Nat 2 (CN2), Chai Nat 36 (CN36), Chai Nat 72 (CN72), Chai Nat 80 (CN80), Phitsanulok 2 (P2), White gold (WG), Berken (BK), KUML1, KUML2, KUML3, KUML4 and KUML5

Table 2 Correlation coefficients among 10 characters of 17 mungbean genotypes

	DH	PH	PP	SP	PL	PW	SW	Y	TY
DF	0.37**	0.26	0.30*	-0.38**	-0.28	-0.38**	-0.04	0.31*	-0.10
DH		0.35**	0.15	0.03	0.10	-0.21	0.10	0.15	0.12
PH			0.10	0.35**	0.38**	0.17	0.30**	0.44**	0.41**
PP				-0.70**	-0.70**	-0.36*	-0.50**	0.72**	0.13
SP					0.94**	0.65**	0.54**	-0.41**	0.15
PL						0.62**	0.51**	-0.42**	0.10
PW							0.33*	-0.31*	0.16
SW								0.32*	0.20
Y									0.47**

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยวิธีการเผาก่อนตัด ของเกษตรกรอำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น

Factors Affecting Sugarcane Harvesting Behavior by Using Burning Before Cutting Method of Farmers in Nam Phong District, Khon Kaen Province

เชิดชู คงอ่อน[1] **และ ยศ บริสุทธิ์**[1]
Kong-on, C.[1] and Borisutdhi, Y.[1]

Abstract

Sugarcane harvesting in Thailand is mainly done by laborers and the harvesting methods are either burning before cutting and cutting without burning. The burning before cutting method reduces the weigh and price of sugarcane of farmers. Hence, sugarcane factories have to spend more time and more money in transforming burn sugarcane to sugar. Many factories have been encouraged farmers to use the cutting without burning and have been required ratio of burnt sugarcane must be under key performance indicator (KPI). However, the insufficient of sugarcane supply to meet the plant's production capacity, many factories still purchase burn sugarcane. So, the question arose whether what are the factors making farmers burn sugarcane before cutting in 2011/2012 production year; Phang Tui sub-district, Nam Phong district, Khon Kaen province as the study site by using questionnaire and sub-topics as the tools of data collection from purposive sampling forty-eight farmers. It was found that the hired labor constraints, expensive and demand to use the burning before cutting method because could cut much faster and larger amount of sugarcane; help to earned larger amount of money per day when compared to without burning before cutting method. The owners of sugarcane also want to sugarcane cutting speed and high volume same as hire laborers due to the sugarcane sell faster for revolving money to hire labor cutting the sugarcane in other farms or revolving money to bulk purchase sugarcane form other small farmer to meet the volume of sugarcane contract farming between farmer and factory. Thus, to solve the problem, the factories need to help minimize all these limitations such as sugarcane harvester to support the farmers and the contract farming between factories and farmers should be defined the number of burned sugarcane to be delivered up to much.

Keywords: burn sugarcane, sugarcane cutting, contract farming, purchase and sold sugarcane

บทคัดย่อ

การเก็บเกี่ยวอ้อยในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนเป็นหลักซึ่งการตัดมีทั้งแบบเผาและไม่เผาก่อนตัด สำหรับการเผ่าก่อนตัดนอกจากทำให้น้ำหนักและราคาอ้อยที่เกษตรกรได้รับลดลงแล้วโรงงานน้ำตาลต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายเพิ่มในการแปรรูปอ้อยเป็นน้ำตาล โดยหลายโรงงานได้ส่งเสริมการไม่เผาอ้อยก่อนตัดและสัดส่วนของอ้อยเผาก่อนตัดที่ส่งให้โรงงานต้องไม่เกินกว่า key performance indicator (KPI) ที่โรงงานกำหนด อย่างไรก็ตามเนื่องจากโรงงานต้องการอ้อยให้เพียงพอกับศักยภาพการผลิตของโรงงานจึงมีการซื้ออ้อยที่เผาก่อนตัดดังกล่าว จึงเกิดคำถามว่า มีปัจจัยอะไรบ้างที่ทำให้เกษตรกรเผาอ้อยก่อนตัดในปีการผลิต 2554/55 โดยเลือกตำบลพังทุย อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่นเป็นพื้นที่ศึกษาโดยใช้แบบสอบถามและกรอบประเด็นหรือ sub-topics เป็นเครื่องเมือในการรวบรวบข้อมูลจากเกษตรกรที่เลือกแบบเจาะจงจำนวน 48 คน พบว่า การมีแรงงานจ้างตัดอ้อยที่จำกัด ค่าจ้างแพง และแรงงานที่รับจ้างมีความต้องการมุ่งตัดอ้อยที่เผาแล้วเนื่องจากสามารถตัดได้เร็วและตัดได้ปริมาณมากซึ่งทำให้แรงงานได้รับเงินค่าตอบแทนจากการตัดต่อวันจำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยที่ไม่เผาก่อนตัด อีกทั้งเจ้าของอ้อยเองก็ต้องการให้ตัดอ้อยได้เร็วและตัดได้ปริมาณเช่นเดียวกับแรงงานที่รับจ้างตัดเนื่องจากต้องการนำอ้อยไปขายได้เร็วขึ้นเพื่อนำเงินมาหมุนเวียนจ้างแรงงานตัดอ้อยในแปลงอื่นอีกหรือนำเงินมาหมุนเวียนเหมาซื้อไร่อ้อยจากเกษตรกรรายย่อยอื่นอีกเพื่อให้พอเพียงกับปริมาณอ้อยที่ตนทำเกษตรพันธสัญญาไว้กับโรงงาน ดังนั้นโรงงานควรมีการลดปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดเหล่านี้ เช่น มีรถตัดอ้อยบริการเกษตรกร และการทำเกษตรพันธสัญญาระหว่างโรงงานกับเกษตรกรควรมีการกำหนดให้จำนวนอ้อยไฟไหม้ที่นำมาส่งมอบไม่เกินเท่าใด

คำสำคัญ: อ้อยไฟไหม้ การตัดอ้อย เกษตรพันธสัญญา การซื้อและการขายอ้อย

[1] **คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น** 40002
[1] Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) อ้อยและน้ำตาล พ.ศ. 2527 รองรับทำให้อ้อยที่ตลาดรองรับแน่นอน มีระบบแบ่งปันผลประโยชน์อย่างยุติธรรมอย่างไรก็ตามในภาคการผลิตยังมีปัญหาสำคัญเกี่ยวกับอ้อยและน้ำตาลซึ่งเป็นปัญหาเรื้อรังเกี่ยวข้องกับทั้งเกษตรกรและโรงงานคือปัญหาต้นทุนการผลิตสูงทั้งผลิตอ้อยและการผลิตน้ำตาล ถ้าสามารถลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงมากเท่าใด ก็สามารถที่จะส่งน้ำตาลออกแข่งขันกับตลาดต่างประเทศได้มากขึ้นเท่านั้น สำหรับในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้นซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศ ได้มีหน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชนได้ให้ความช่วยเหลือส่งเสริมในการผลิตอ้อยอยู่ตลอดเวลา แต่การช่วยเหลือดังกล่าวก็ยังไม่บรรลุผลเท่าที่ควร (คณะกรรมการประสานงานวิจัยและส่งเสริมการเกษตร, 2551)

จากการศึกษาเบื้องต้นโดยการสัมภาษณ์ผู้นำเกษตรกรถึงปัญหาการผลิตระดับต้นน้ำหรือระดับเกษตรกรพบว่าเกษตรกรเองได้ปัญหาหลายประการ อาทิ ผลผลิตต่อไร่ต่ำ อันมีสาเหตุมาจากการขาดน้ำ ขาดปุ๋ย ขาดพันธุ์ที่ดี โรคแมลงระบาด ดินเสื่อมโทรมหรือเกษตรกรขาดเงินทุนในการเพาะปลูก อีกทั้งขาดความรู้และเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตที่จำเป็นบางประการ เช่น เครื่องตัดอ้อยเป็นต้น ส่วนปัญหาการผลิตระดับกลางน้ำหรือของโรงงานน้ำตาลจากการสัมภาษณ์ผู้ บริหารและเจ้าหน้าที่ของโรงงานน้ำตาลในจังหวัดขอนแก่นพบว่าประเด็นปัญหาที่พบ อาทิ อ้อยที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีสิ่งเจือปน เกษตรกรเผาอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว การส่งอ้อยของเกษตรกรอ้อยไม่ตรงเวลา เป็นต้น เมื่อพิจารณาเฉพาะเรื่องการเผาอ้อยก่อนตัดส่งให้โรงงานซึ่งเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้น้ำหนักและราคาอ้อยที่เกษตรกรได้รับลดลง และสิ่งนี้ยังเป็นปัญหาส่งผลต่อโรงงานน้ำตาลซึ่งต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายเพิ่มในการแปรรูปอ้อยเป็นน้ำตาล ทำให้หลายโรงงานได้ส่งเสริมการไม่เผาอ้อยก่อนตัดและสัดส่วนของอ้อยเผาก่อนตัดที่ส่งให้โรงงานต้องไม่เกินกว่า key performance indicator (KPI) ที่โรงงานกำหนด อย่างไรก็ตามเนื่องจากโรงงานต้องการอ้อยให้เพียงพอกับศักยภาพการผลิตของโรงงานจึงมีการซื้ออ้อยที่เผาก่อนตัดดังกล่าว จึงเกิดคำถามว่า มีปัจจัยอะไรบ้างที่ทำให้เกษตรกรเผาอ้อยก่อนตัด โดยเลือกตำบลพังทุย อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น เป็นพื้นที่ในการศึกษา ซึ่งเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีเกษตรกรนิยมเผาอ้อยก่อนตัดกันมาก คำตอบที่ได้จากการศึกษานี้โรงงานน้ำตาลหรือผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพิจารณาเพื่อลดพฤติกรรมการเผาอ้อยก่อนตัดดังกล่าวซึ่งจะส่งผลให้อ้อยที่เป็นวัตถุดิบของโรงงานน้ำตาลมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่ศึกษาแบบ purposive sampling โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลมือสองเพื่อพิจารณาเขตพื้นที่ที่เกษตรกรนำอ้อยเผาก่อนตัดมาจำหน่ายกับโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น จากนั้นได้สัมภาษณ์นักส่งเสริมและผู้บริหารโรงงานและออกสำรวจพื้นที่สัมภาษณ์เกษตรกรเบื้องต้นเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาเลือกพื้นที่ศึกษา โดยได้เลือกตำบลพังทุยอำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น เป็นพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีเกษตรกรนิยมเผาอ้อยก่อนตัด และได้เลือกผู้ให้ข้อมูลแบบ purposive sampling โดยจำแนกประเภทของเกษตรกรออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ รายใหญ่ที่ปลูกอ้อยแบบเกษตรพันธสัญญากับโรงงานน้ำตาลต่อปี (1) มากกว่า 500 ตัน (2) 300-499 ตัน (3) 50-299 ตัน และ (4) ผู้ไม่ทำเกษตรพันธสัญญา โดยรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรแต่ละประเภทๆ ละ 12 ราย รวมทั้งสิ้น 48 ราย เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างในการรวบรวมข้อมูลสภาพการผลิตอ้อยของเกษตรกร และใช้กรอบประเด็น (sub-topics) ในการสัมภาษณ์เกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกษตรกรเผาอ้อยก่อนตัดในปีการผลิต 2554/55 รวบรวมข้อมูลในช่วงเดือน พย. 2555 ถึง มีค. 2556 สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณได้ใช้สถิติบรรยายวิเคราะห์สภาพการผลิตอ้อยของเกษตรกร ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพได้ทำการวิเคราะห์จำแนกประเภท วิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูล วิเคราะห์เชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ และสร้างข้อสรุป โดยวิเคราะห์ความคู่กับเหตุ (cause) ผล (effect) เหตุผล (reason) และสิ่งที่อำนวยให้เกิดผล (enabling) (ยศ, 2551) ในประเด็นที่เกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกษตรกรเผาอ้อยก่อนตัด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. **ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา และเกษตรกรผู้ให้ข้อมูล** ในปี 2554 ตำบลพังทุย อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งที่เป็นอ้อยตอและอ้อยปลูกใหม่ ราว 12,000 ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่มักปลูกอ้อยช่วงเดือนตุลาคมมากกว่าอ้อยต้นฝนเนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ดินยังมีความชื้นเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของอ้อย (สำนักงานเกษตรอำเภอน้ำพอง, 2555) จากการรวบรวมข้อมูลผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 53.21±9.42 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาชั้น ป. 4 ประกอบอาชีพทำไร่อ้อยและทำนาเป็นหลัก มีประสบการณ์ในการปลูกอ้อย เฉลี่ย 23.48±10.62 ปี มีแรงงานปลูกอ้อยในครัวเรือน เฉลี่ย 2.75±1.34 คน มีการจ้างแรงงานในการปลูกและตัดอ้อยเฉลี่ย 8.31±3.89 คน มีพื้นที่ปลูกอ้อยเฉลี่ย 1.79±1.03 แปลง โดยมีพื้นที่ปลูกของตนเองเฉลี่ย 34.38±21.91 ไร่ อย่างไรก็ตามมีผู้ให้ข้อมูลจำนวนหนึ่งได้เช่าพื้นที่ปลูกเพิ่มเติมอีกเฉลี่ย

5.73±13.89 ไร่ ซึ่งเฉพาะผู้ให้ข้อมูลที่ปลูกอ้อยแบบเกษตรพันธสัญญานั้นมีโควตาอ้อยเฉลี่ย 204.72±280.60 ตัน ทั้งนี้เนื่องจากผู้ให้ข้อมูลแต่ละคนมีโควตามากน้อยแตกต่างกัน

2. สภาพการผลิตอ้อยของเกษตรกร

2.1 การปลูกและการให้ปุ๋ยอ้อยปลูกใหม่ ส่วนใหญ่ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และ K88-92 (ร้อยละ 45.57 เท่ากัน) การปลูกมักไม่ไถระเบิดดินดาน (ร้อยละ 97.92) แต่มีการไถดะ ไถพรวนหรือไถแปร และไถยกร่อง อย่างละ 1 ครั้ง (ร้อยละ 91.67 89.58 และ 100.00 ตามลำดับ) การปลูกมีทั้งใช้แรงงานคนและเครื่องจักรกล (ร้อยละ 72.55 และ 27.45 ตามลำดับ) ผู้ให้ข้อมูลทั้งหมดใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกอ้อยใหม่ เฉลี่ย 43.65±15.63 กก./ไร่ อย่างไรก็ตามมีส่วนหนึ่ง (ร้อยละ 29.17) ได้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ซื้อมาจากท้องตลาดร่วมด้วยโดยใช้เฉลี่ย 30.75±64.04 กก./ไร่ บางรายใช้น้ำกากส่าอ้อย KA-1 ร่วมด้วย (ร้อยละ 27.08) โดยใช้เฉลี่ย 2.71±4.49 ตัน/ไร่ มีการใช้ปุ๋ยคอกในการปลูกอ้อยใหม่มีจำนวนน้อยมาก (ร้อยละ 4.17) และใช้เพียง 7.71±44.25 กก./ไร่เท่านั้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปัจจุบันปุ๋ยคอกหาได้ยาก สำหรับในช่วงของการบำรุงรักษาอ้อยหลังจากลงปลูกเจริญเติบโตระดับหนึ่งแล้ว ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ (ร้อยละ 95.83) ใช้ปุ๋ยเคมีบำรุงอ้อย เฉลี่ย 55.55±27.21 กก./ไร่ และมีเกษตรกรส่วนหนึ่ง (ร้อยละ 12.50) ได้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ซื้อมาจากท้องตลาดร่วมด้วยโดยใช้เฉลี่ย 16.67±51.91 กก./ไร่

2.2 การปลูกและการให้ปุ๋ยอ้อยตอ ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ (ร้อยละ 97.92) ใช้เครื่องจักรกลเข้าช่วยในการไถกลบอ้อยตอ ใช้ปุ๋ยเคมีบำรุงอ้อย (ร้อยละ 95.83) เฉลี่ย 50.56±26.32 กก./ไร่ มีเกษตรกรส่วนหนึ่ง (ร้อยละ 10.42) ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ซื้อมาจากท้องตลาดร่วมด้วยโดยใช้เฉลี่ย 13.54±48.09 กก./ไร่

2.3 ศัตรูอ้อยและการจัดการ ทั้งอ้อยปลูกใหม่และอ้อยตอเมื่อมีศัตรูระบาดเกษตรกรได้จัดการศัตรูอ้อยด้วยวิธีการเดียวกัน คือ (1) โรคอ้อย ผู้ให้ข้อมูลทั้งหมดประสบปัญหาโรคใบขาวของอ้อยส่วนโรคอื่นๆ ไม่ค่อยประสบ โดยเมื่อประสบปัญหาโรคอ้อยแล้วมักปล่อยตามธรรมชาติ (ไม่ควบคุม) (ร้อยละ 75.00) (2) แมลงศัตรูอ้อย ส่วนใหญ่ ประสบแมลงศัตรูอ้อยเข้าทำลาย (ร้อยละ 77.08) เมื่อประสบแล้วมักปล่อยตามธรรมชาติ (ร้อยละ 66.67) (3) วัชพืช เป็นปัญหาที่ผู้ให้ข้อมูลทั้งหมดประสบ โดยผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ (ร้อยละ 65.63) ไม่มีการจัดการเนื่องจากเห็นว่าเมื่ออ้อยโตแล้ววัชพืชก็ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ มีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จัดการโดยใช้สารกำจัดวัชพืชฉีดพ่น

3. การเก็บเกี่ยวอ้อย และช่องทางการจำหน่าย ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ตัดอ้อยในช่วงต้นฤดูกาลหีบอ้อย (พ.ย.-ธ.ค.) (ร้อยละ 69.44) และมีเกษตรกรส่วนหนึ่งตัดอ้อยกลางฤดูกาลหีบ (ม.ค.-ก.พ.) (ร้อยละ 30.56) โดยทั้งหมดใช้แรงงานคนในการตัดอ้อย โดยใช้แรงงานครัวเรือนตัดอ้อยเฉลี่ย 1.81±1.31 คน และใช้แรงงานว่าจ้างตัดอ้อยเฉลี่ย 10.64±6.00 คน โดยทั้งหมดตัดอ้อยด้วยวิธีการเผาก่อนตัด เนื่องจากเห็นว่ามีความสะดวกในการตัด เป็นการลดต้นทุนค่าจ้างแรงงาน ประหยัดแรงงาน และประหยัดเวลา ร้อยละ 22.24 19.47 18.58 17.70 ตามลำดับ) สำหรับการรวมอ้อยจากไร่ไปจำหน่ายส่วนใหญ่ใช้รถคีบ (ร้อยละ 97.22) สำหรับเกษตรกรที่ไม่ทำเกษตรพันธสัญญากับโรงงานมักขายให้เครือญาติที่มีโควตา หรือขายให้พ่อค้าที่มีโควตาอ้อย โดยในปีการผลิต 2554/55 อ้อยที่ปลูกใหม่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 15.37±3.94 ตัน /ไร่ ค่า CCS เฉลี่ย 11.67±0.67 CCS ส่วนอ้อยตอให้ผลผลิตเฉลี่ย 8.94±2.29 ตัน /ไร่ ค่า CCS เฉลี่ย 11.59±0.78 CCS

4. ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยวิธีการเผาก่อนตัดของเกษตรกร จากการศึกษาพบว่า ถึงแม้นจะมีอ้อยบางแปลงที่ไม่เผาก่อนตัดก็ตาม แต่เกษตรกรทั้งหมดมักเผาอ้อยก่อนตัด ซึ่งจากการสัมภาณ์พบว่ามีพื้นที่ปลูกราวร้อยละ 98 ที่เผาก่อนตัด ซึ่งการเผาก่อนตัดนี้มีเกษตรกรทราบดีว่ามีผลต่อน้ำหนักอ้อยและราคาที่เกษตรกรได้รับ แต่เกษตรกรยังใช้วิธีการการเก็บเกี่ยวด้วยการเผาก่อนตัด ซึ่งเกษตรกรเห็นว่าวิธีการนี้ทำให้ สะดวกในการตัด ประหยัดแรงงาน ลดต้นทุนในการจ้างแรงงาน ประหยัดเวลา อ้อยถูกไฟจากแปลงอ้อยอื่นลามมาไหม้ เป็นการกำจัดศัตรูพืชไปในตัว และอื่นๆ (ร้อยละ 21.24 19.47 18.58 17.70 15.93 และ 7.08 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามจากการสัมภาษณ์เพื่อเชื่อมโยงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเผาอ้อยก่อนตัดดังกล่าว มีข้อค้นพบดังนี้ว่า

1) **แรงงานตัดอ้อยต้องการตัดอ้อยที่เผาก่อนตัด** การที่ในพื้นที่ไม่มีเครื่องตัดอ้อยบริการทำให้ต้องตัดอ้อยด้วยแรงงานคนซึ่งแรงงานตัดอ้อยโดยเฉพาะแรงงานจ้างตัดอ้อยมีจำนวนที่จำกัดหรือหายาก ค่าจ้างแรงงานแพง อีกทั้งแรงงานที่รับจ้างมีความต้องการตัดอ้อยที่เผาแล้ว เนื่องจากสามารถตัดได้เร็วและตัดได้ปริมาณมากซึ่งทำให้แรงงานได้รับเงินค่าตอบแทนจากการตัดต่อวันจำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยที่ไม่เผาก่อนตัด

2) **เจ้าของอ้อยเองมีความต้องการให้ตัดอ้อยได้เร็วและตัดได้ปริมาณมาก** เจ้าของอ้อยมีความต้องการนำอ้อยไปขายได้เร็วขึ้นเพื่อนำเงินมาหมุนเวียนจ้างแรงงานตัดอ้อยในแปลงอื่นอีกหรือนำเงินมาหมุนเวียนเหมาซื้อไร่อ้อยจากเกษตรกรรายย่อยอื่นอีกเพื่อให้พอเพียงกับปริมาณอ้อยที่ตนทำเกษตรพันธสัญญาไว้กับโรงงาน

เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดของปัจจัยเพื่อเชื่อมโยงพฤติกรรมที่ทำให้เกิดการเผาอ้อยก่อนตัดดังกล่าว มีข้อค้นพบพฤติกรรมที่น่าสนใจ ดังนี้

1) **กรณี การจ้างแรงงานทั้งหมด** พบว่า กระบวนการที่ทำให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าวเริ่มจากเกษตรกรเจ้าของแปลงอ้อยไม่ตัดอ้อยด้วยตนเองแต่ใช้วิธีการจ้างตัดซึ่งแรงงานที่รับจ้างตัดอ้อยที่ไม่เผาก่อนตัดไม่มีในพื้นที่ จึงจำเป็นต้องจ้างแรงงานที่ตัดอ้อยแบบเผาก่อนตัด อีกทั้งบางแปลงถูกไฟจากแปลงอ้อยอื่นลามมาไหม้เจ้าของอ้อยจึงเลือกเผาอ้อยเสียก่อนเพื่อตัดปัญหาไม่ให้ไฟจากแปลงอ้อยอื่นลามมาไหม้ที่ทำให้เกิดความเสียหายต่ออ้อยมากกว่าการลงมือเผาเองซึ่งสามารถควบคุมการเผาอ้อย

2) **กรณี การจ้างแรงงานบางส่วน** พบว่า กระบวนการที่ทำให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าวเริ่มจากเกษตรกรเจ้าของแปลงอ้อยมีแรงงานในครัวเรือนแต่ไม่เพียงพอสำหรับการตัดอ้อย จึงทำการจ้างแรงงานตัดอ้อยเพิ่ม หากเกษตรกรยังหาแรงงานไม่ได้ก็จะทำการตัดรอพลางไปก่อนซึ่งมีทั้งการเผาก่อนตัดและไม่เผาก่อนตัดต่ส่วนใหญ่มักเผาก่อนตัด และพยามหาแรงงานจ้างมาตัดอ้อยให้ได้เร็วที่สุดซึ่งแรงงานเหล่านี้ทั้งหมดเป็นแรงงานที่รับจ้างตัดเฉพาะเผาก่อนตัดเท่านั้น

จากผลการศึกษานี้สอดคล้องกับข้อค้นพบของ ละอองดาว และธวัชชัย (2548) ที่รายงานว่า การขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยวอ้อยและค่าจ้างแรงงานราคาสูงเป็นอุปสรรคต่อการขยายพื้นที่ปลูกและการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ทำให้เกษตรกรบางส่วนหันมาใช้วิธีการเผาอ้อยก่อนตัด เพื่อลดปัญหาด้านแรงงานและสามารถตัดอ้อยได้เร็วทันฤดูเปิดหีบของโรงงานน้ำตาล นอกจากนี้การเผาอ้อยก่อนตัดยังเกิดผลกระบทางลบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมอีกหลายประการ (ละอองดาว และธวัชชัย, 2548; Figueiredo, 2011 และ Panosso, 2007) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้ไม่เป็นไปในแนวเดียวกันกับรายงานของ พัชรา และนิวัฒน์ (2555) ซึ่งได้ศึกษาความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรชาวไร่อ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่พบว่า เกษตรกรชาวไร่อ้อยมีความต้องการความรู้เกี่ยวกับการผลิตอ้อยในระดับมากในเรื่อง การป้องกันกันและจัดโรคใบขาว การเลือกพันธุ์อ้อย และการปรับปรุงบำรุงดิน และต้องการบริการและสนับสนุนระดับมากในเรื่อง การประกันราคาอ้อย การติดต่อแหล่งพันธุ์อ้อย และการจัดหาแหล่งปุ๋ยเคมีและสารเคมีราคาถูก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรยังไม่ให้ความสำคัญกับผลที่เกิดขึ้นจากการเผาอ้อยก่อนตัดเท่าที่ควร

สรุปผล

การศึกษานี้มีข้อค้นพบว่า ปัจจัยที่ทำให้เกษตรกรตัดอ้อยด้วยวิธีการเผาก่อนตัดมาจาก แรงงานตัดอ้อยที่จำกัด ค่าจ้างแรงงานแพง และแรงงานที่รับจ้างมีความต้องการตัดอ้อยที่เผาแล้วเนื่องจากสามารถตัดได้เร็วและตัดได้ปริมาณมากซึ่งทำให้แรงงานได้รับเงินค่าตอบแทนจากการตัดต่อวันจำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยที่ไม่เผาก่อนตัด นอกจากนี้เจ้าของอ้อยเองก็ต้องการให้ตัดอ้อยได้เร็วและตัดได้ปริมาณเช่นเดียวกับแรงงานที่รับจ้างตัดเนื่องจากต้องการนำอ้อยไปขายได้เร็วขึ้นเพื่อนำเงินมาหมุนเวียนจ้างแรงงานตัดอ้อยในแปลงอื่นอีกหรือนำเงินมาหมุนเวียนเหมาซื้อไร่อ้อยจากเกษตรกรรายย่อยอื่นอีกเพื่อให้พอเพียงกับปริมาณอ้อยที่ตนทำเกษตรพันธสัญญาไว้กับโรงงาน ดังนั้นโรงงานควรมีการลดปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดเหล่านี้ เช่น มีรถตัดอ้อยบริการเกษตรกร และการทำเกษตรพันธสัญญาระหว่างโรงงานกับเกษตรกรควรมีการกำหนดจำนวนอ้อยที่นำมาส่งมอบหรือขายให้กับโรงงานไม่ไม่เกินตามที่ระบุในสัญญาเพื่อเป็นการผลึกดันให้เกษตรกรนำอ้อยที่ไม่เผาก่อนตัดมาส่งมอบหรือขายให้กับโรงงานมากขึ้น เป็นต้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเกษตรกรที่ให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณผู้บริหาร นักวิชาการส่งเสริม และเจ้าหน้าที่ โรงงานน้ำตาลที่เกี่ยวข้องที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการรวบรวมข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการประสานงานวิจัยและส่งเสริมการเกษตร, 2551, แผนพัฒนาพืชในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2550-2554, กรมส่งเสริมการเกษตร และกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พัชรา บำรุง และ นิวัฒน์ มาศวรรณา, 2555, ความต้องการบริการส่งเสริมการเกษตรของเกษตรกรชาวไร่อ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, แก่นเกษตร, 40: 119-126.

ยศ บริสุทธิ์, 2551, แนวทางเชิงระบบสำหรับการวิเคราะห์ระบบเกษตรเพื่อการพัฒนา, แก่นเกษตร, 36: 352-367.

ละอองดาว แสงหล้า และ ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, 2548, ผลกระทบจากการเผาใบอ้อยและแนวทางการแก้ไข, ว. การจัดการสิ่งแวดล้อม, 2(1): 85-102.

สำนักงานเกษตรอำเภอน้ำพอง, 2555, ข้อมูลการเกษตรอำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2554, สำนักงานเกษตรอำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น, กาฬสินธุ์.

Figueiredo, Eduardo Barretto De, and Scala, Newton La Jr, 2011, Greenhouse gas balance due to the conversion of sugarcane areas from burned to green harvest in Brazil, Agriculture, Ecosystems & Environment, 141(1-2): 77-85.

Panosso, A.R., Marques, J.Jr., Pereira, G.T. and Scala, N. La Jr., 2009, Spatial and temporal variability of soil CO_2 emission in a sugarcane area under green and slash-and-burn managements, Soil and Tillage Research, 105(2): 275–282.

ผลของการเติมใบบัวบกผงและขิงผงต่อคุณภาพของซุปก้อนปรุงรส

Effect of Asiatic Pennywort Powder and Ginger Powder on Bouillon Cube Quality

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1]
Yuenyongputtakal, W[1] and Limroongreungrat, K[1]

Abstract

This research was aimed to study the effect of addition 2 types of Thai herbs namely Asiatic pennywort powder and Ginger powder in bouillon cube. The experiment was carried out by varying herbs powder as 5 and 10% of the total vegetable powder. It was found that type and quantity of the herbs powder added effected the quality of bouillon cube ($p<0.05$). The addition of Asiatic pennywort powder and Ginger powder in bouillon cube decreased solubility. Increasing of Asiatic pennywort powder and Ginger powder resulted more green color value (a*) and yellow color value (b*) of bouillon cube, respectively. The addition of Asiatic pennywort powder and Ginger powder tend to decreased bouillon cube moisture. Sensory evaluation showed that soup prepared from bouillon cube added ginger powder 5% of the total vegetable powder received the highest overall liking scores.
Keywords: bouillon cube, asiatic pennywort powder, ginger powder

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมสมุนไพรไทย 2 ชนิด ได้แก่ ใบบัวบกผง และขิงผง ในสูตรซุปก้อนปรุงรสจากผัก โดยแปรการเติมสมุนไพรผง 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผักผงทั้งหมด พบว่า ชนิดและปริมาณสมุนไพรผงที่เติมมีผลให้คุณภาพของซุปก้อนปรุงรสมีความแตกต่างกัน ($p<0.05$) การเติมใบบัวบกผงและขิงผงเพิ่มในซุปก้อนทำให้ความสามารถในการละลายลดลง การเติมใบบัวบกผงและขิงผงทำให้ซุปก้อนมีค่าสีเขียว (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นตามลำดับ การเติมใบบัวบกผงและขิงผงมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้ซุปก้อนมีปริมาณความชื้นลดลง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ซุปที่เตรียมจากซุปก้อนที่เติมขิงผง 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผักผงทั้งหมด ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p<0.05$)
คำสำคัญ: ซุปก้อนปรุงรส ใบบัวบกผง ขิงผง

คำนำ

เครื่องปรุงรสชนิดก้อนมีอัตราเติบโตทางการตลาดอย่างต่อเนื่อง โดยผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในตลาดส่วนใหญ่มีส่วนผสมของผงชูรส เป็นส่วนประกอบ ซึ่งผงชูรสเป็นสารเคมีสังเคราะห์ที่ไม่มีคุณค่าทางอาหาร และอาจก่อให้เกิดอาการแพ้ผงชูรส นอกจากนี้เครื่องปรุงรสชนิดก้อน มักมีการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ และน้ำมันปาล์มเป็นส่วนประกอบ จึงมีความเสี่ยงสำหรับผู้บริโภคต่อภาวะการเพิ่มระดับโซเดียมและกรดไขมันชนิดอิ่มตัวในร่างกาย ที่จะกระตุ้นหรือก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น เนื่องด้วยประเทศไทยมีพืชผักสมุนไพรหลายชนิดที่มีศักยภาพสูง กล่าวคือ มีผลผลิตปริมาณมาก ราคาไม่แพงและให้คุณสมบัติปรุงรสได้คล้ายผงชูรส อีกทั้งมีสรรพคุณทางสมุนไพรที่ช่วยส่งเสริมสมรรถนะ ฟื้นฟู และป้องกันความเสื่อมของอวัยวะได้ การนำผักและสมุนไพรบางชนิดมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องปรุงรส ไม่เติมสารสังเคราะห์ เช่น ผงชูรส สารปรุงแต่งกลิ่นรส ไม่ใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ และน้ำมันปาล์ม จึงน่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพและผู้สูงอายุได้ งานวิจัยนี้มีแนวคิดผลิตภัณฑ์คือพัฒนาซุปก้อนปรุงรสที่มีโซเดียมต่ำจากผักและสมุนไพร ไม่เติมผงชูรสและสารปรุงแต่งกลิ่นรส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมสมุนไพรไทย 2 ชนิด ได้แก่ ใบบัวบกผง และขิงผง ในสูตรซุปก้อนปรุงรสจากผักที่พัฒนาได้ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, Tambon Saensuk, Amphor Muang, Chonburi 20131

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาหาชนิดและปริมาณสมุนไพรที่เหมาะสมโดยใช้สมุนไพร 2 ชนิด คือ ใบบัวบกผงและขิงผง โดยแปรปริมาณการเติมเข้าไปในสูตรเดิมขิงซุปก้อน 5 และ 10%ของน้ำหนักผักผงทั้งหมดจากสูตรควบคุม (Table 1) การเตรียมใบบัวบกผงและขิงผงทำได้โดยนำวัตถุดิบมาล้างน้ำให้สะอาด ใช้เฉพาะส่วนที่บริโภคได้ ล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนได้ความชื้น 7-8% บดให้เป็นผงละเอียด นำมาผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช ผลิตซุปก้อนโดยผสมส่วนผสมแห้งเข้าด้วยกัน ได้แก่ สมุนไพร ผักผง (เห็ดหอมผง หัวหอมใหญ่ผง มะเขือเทศผง และกะหล่ำปลีผง) เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ โปรตีนถั่วเหลือง น้ำตาล และพริกไทย แล้วเติมน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม และซีอิ้วขาว ผสมให้เข้ากัน แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ อุณหภูมิ 4-6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักส่วนผสมที่บ่มได้ประมาณ 20 กรัม อัดลงในพิมพ์สแตนเลสรูปสี่เหลี่ยม ขนาด 2.5x2.5x1.5 ซ.ม. แล้วกดให้แน่น นำซุปก้อนมาวิเคราะห์คุณภาพได้แก่ ความสามารถในการละลาย ทำได้โดยนำซุปก้อนปรุงรส 20 กรัม ละลายในน้ำเดือด 500 ม.ม. โดยใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร ใช้เครื่องกวนสารที่ความเร็วระดับ 5 จับเวลาที่ซุปก้อนละลายหมด (ดัดแปลงจาก จรินทร์, 2544) วัดค่าสี (L* a* และ b*) โดยเครื่อง Handy colorimeter นอกจากนี้วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทำการเตรียมตัวอย่างโดยนำซุปก้อนปรุงรส 1 ก้อน ละลายในน้ำเดือด 500 ม.ม. ต้มจนละลายหมด แล้วนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ด้านสี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติและความชอบโดยรวม โดยคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความสามารถในการละลายเป็นคุณภาพหนึ่งที่มีความสำคัญกับการใช้งานซุปก้อนปรุงรส ในการทดลองนี้พิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการละลายซุปก้อนปรุงรสในน้ำเดือด หากใช้เวลาน้อยในการละลายซุปก้อนจนหมด โดยซุปไม่มีการเกาะตัวกันแสดงถึงซุปก้อนปรุงรสมีความสามารถในการละลายดี จากผลการทดลองพบว่า ซุปก้อนปรุงรสสามารถละลายได้ดีน้ำเดือด จาก Table 2 พบว่าทุกสิ่งทดลองใช้เวลาในการละลายหมดอยู่ในช่วง 275–330 วินาที แต่อย่างไรก็ตามใช้เวลาในการละลายมากกว่าซุปก้อนปรุงรสทางการค้าที่พบว่าใช้เวลาในการละลายหมดประมาณ 210 วินาที อาจเนื่องมาจากซุปก้อนปรุงรสที่พัฒนานี้มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นของแข็งพวกผักและสมุนไพรผง ซึ่งสามารถจับตัวกันเป็นก้อนแน่นโดยมีน้ำมันเป็นตัวเชื่อมผสาน ในขณะที่ซุปก้อนปรุงรสทางการค้ามีส่วนผสมที่เป็นของแข็งในปริมาณน้อยกว่า จากผลการทดลองพบว่าการเติมใบบัวบกผงและขิงผงเพิ่มในซุปก้อนในปริมาณ 10% ของน้ำหนักผักผงทั้งหมด ทำให้ใช้เวลาในการละลายมากกว่าสิ่งทดลองอื่น อาจเนื่องมาจากการเติมส่วนผสมที่เป็นของแข็งเพิ่มเข้าไปในสูตร ทำให้ไปรวมตัวกับส่วนผสมอื่นๆ โดยจับกันแน่นขึ้น ทำให้ต้องใช้เวลาในการละลายเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบข้อสังเกตว่าซุปก้อนปรุงรสที่ผลิตได้ไม่สามารถละลายได้ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง อาจเนื่องมาจากมีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าว ทำให้ยังคงจับตัวกันเป็นก้อน ไม่แตกตัวแม้ละลายน้ำ จึงต้องนำมาละลายในน้ำเดือด สำหรับด้านปริมาณความชื้นพบว่า ซุปก้อนปรุงรสทุกสิ่งทดลองมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 42-45% ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การเติมผงสมุนไพรเพิ่มขึ้นในสูตรมีผลให้ซุปก้อนปรุงรสมีปริมาณความชื้นลดลง ($p<0.05$) อาจเป็นผลเนื่องจากเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งให้ส่วนผสมทำให้มีโอกาสไปรวมตัวกับน้ำอิสระที่มีอยู่ในส่วนผสม ทำให้ปริมาณน้ำอิสระลดลง จึงวิเคราะห์ปริมาณความชื้นได้ลดลง จาก Table 3 พบว่า การเติมใบบัวบกผงเพิ่มขึ้นทำให้ซุปก้อนมีค่าสีเขียว (a*ติดลบ) เพิ่มขึ้น ในขณะที่การเติมขิงผงเพิ่มขึ้นทำให้ซุปก้อนมีค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น สำหรับค่าความสว่าง พบว่า ซุปก้อนที่เติมขิงผงมีค่าความสว่าง (L*) มากกว่าที่เติมใบบัวบกผง ทั้งนี้เป็นผลจากใบบัวบกผงมีสีเขียว การเพิ่มใบบัวบกผงในซุปก้อนจึงมีผลให้ผลิตภัณฑ์ซุปก้อนมีสีเขียวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ขิงผงมีสีเหลืองอ่อน และมีความสว่าง การเติมเพิ่มในซุปก้อนจึงมีผลให้ผลิตภัณฑ์ซุปก้อนมีสีเหลืองและความสว่างเพิ่มขึ้น จาก table 4 พบว่า ชนิดและปริมาณการเติมสมุนไพรมีผลต่อความชอบของซุปที่เตรียมจากซุปก้อน ($p <0.05$) โดยซุปก้อนปรุงรสที่เติมขิงผง 5% ของน้ำหนักผักผงทั้งหมด ได้รับคะแนนความชอบทุกด้านสูงที่สุด ($p<0.05$) โดยได้คะแนนอยู่ในช่วง 6.02-7.14 โดยได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.48) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขิงมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวซึ่งเกิดจากมีส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีสารสำคัญพวก Sesquiterpene hydrocarbon Sesquiterpene alcohols และ Monoterpenoids อย่างไรก็ตามหากใช้ขิงในปริมาณมากอาจรู้สึกถึงความเผ็ดร้อนและกลิ่นฉุน ซึ่งเป็นผลจากขิงมีสาร Oleoresin ด้วย (สุพจน์, 2543) อย่างไรก็ตามพบแนวโน้มว่าการเติมใบบัวบกผงเพิ่มขึ้นทำให้ได้รับคะแนนความชอบลดลง โดยเฉพาะด้านกลิ่นและกลิ่นรส เนื่องมาจากใบบัวบกมีลักษณะเหม็นเขียวเล็กน้อย ผู้ทดสอบจึงรับรู้ถึงกลิ่นและกลิ่นรสดังกล่าวได้

Table 1 Ingredients composition of control bouillon cube formulation

Ingredients	Quantity (%)	Ingredients	Quantity
Potassium chloride	9.3	Vegetable powder	50
Palm oil	21.5	- Shitake mushroom powder	15
Virgin coconut oil	1.5	-Onion powder	15
Sucrose	5.6	-Tomato powder	10
Soy sauce	5.6	-Cabbage powder	10
Pepper powder	1.4		
Soy protein	5.1		

Table 2 Solubility and moisture content of bouillon cube added asiatic pennywort powder and ginger powder

Herbs Type	Quantity (% of total vegetable powder)	Solubility (sec)	Moisture content (%) (%)
Asiatic pennywort	5	290 ± 12^{a}	45.27 ± 1.01^{a}
	10	330 ± 15^{b}	42.30 ± 1.21^{b}
Ginger	5	275 ± 21^{a}	45.32 ± 1.31^{a}
	10	310 ± 19^{b}	42.22 ± 1.24^{b}

^{a,b,c} Difference letters in the same column indicated significant difference($p < 0.05$).

Table 3 L* a* and b* color value of bouillon cube added asiatic pennywort powder and ginger powder

Herbs Type	Quantity (% of total vegetable powder)	L*	a*	b*
Asiatic pennywort	5	19.50 ± 0.35^{b}	-2.27 ± 0.41^{b}	10.01 ± 0.24^{c}
	10	19.45 ± 0.25^{b}	-4.30 ± 0.54^{c}	9.98 ± 0.32^{c}
Ginger	5	26.54 ± 0.53^{a}	5.35 ± 0.31^{a}	12.30 ± 0.61^{b}
	10	25.31 ± 0.41^{a}	5.42 ± 0.45^{a}	19.32 ± 0.45^{a}

^{a,b,c} Difference letters in the same column indicated significant difference($p < 0.05$).

Table 4 Liking score of bouillon cube added asiatic pennywort powder and ginger powder

Herbs type	Quantity (% of total vegetable powder)	Liking score				
		Color	Odor	Flavor	Taste	Overall
Asiatic pennywort	5	6.28 ± 0.44^{b}	6.01 ± 0.54^{b}	6.35 ± 0.25^{b}	5.42 ± 0.91^{c}	5.98 ± 0.81^{c}
	10	6.10 ± 1.50^{b}	5.50 ± 0.82^{c}	5.23 ± 0.59^{c}	5.13 ± 0.46^{d}	5.12 ± 0.39^{d}
Ginger	5	6.50 ± 1.04^{a}	7.01 ± 0.57^{a}	7.14 ± 0.48^{a}	6.02 ± 0.42^{a}	6.48 ± 0.89^{a}
	10	6.38 ± 1.11^{a}	6.85 ± 0.41^{a}	7.16 ± 0.56^{a}	5.72 ± 0.36^{b}	6.12 ± 0.57^{b}

^{a,b,c} Difference letters in the same column indicated significant difference($p < 0.05$).

สรุปผล

ชนิดและปริมาณสมุนไพรผงที่เติมในซุปก้อนปรุงรสมีผลต่อคุณภาพของซุปก้อนปรุงรสด้านความสามารถในการละลาย ค่าสี ปริมาณความชื้น และคุณภาพทางประสาทสัมผัส สูตรที่เหมาะสมของการเติมสมุนไพรในซุปก้อนปรุงรสคือ การเติมขิงผง 5% ของน้ำหนักผักผงทั้งหมด โดยได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารอ้างอิง

จรินทร์ สว่างแจ้ง, 2544, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปกึ่งสำเร็จรูปจากหัวกุ้ง, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ผลิตภัณฑ์ประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุพจน์ คิลานเภสัช, 2543, สมุนไพร เครื่องเทศ และพืชปรุงแต่งกลิ่นรส, เพอร์เฟคท์พริ้นท์ฯ, กรุงเทพฯ.

AOAC, 2000, Official Method of Analysis, Arlington, Virginia, USA.

อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความมีชีวิต และความงอกของละอองเกสรในมะพร้าวน้ำหอม

Effect of Temperature on Pollen Viability and Pollen Germination in Aromatic Coconut (*Cocos nucifera* L.)

ภูมิ ทองเนื้อห้า[1] กฤษณา กฤษณพุกต์[1] เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์[1] และ ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ[1]

Tongnueaha, P.[1], Krisanapook, K.[1], Thaipong, K.[1] and Pagamas, P.[1]

Abstract

One problem found in aromatic coconut production is insufficient product in some period. This may be caused from non-function pollen that is affected by adverse environment i.e. high temperature. This study aimed to investigate the effect of temperature on pollen viability and pollen germination in aromatic coconut. The study was done in July, 2012 to April, 2013 and composed of 3 experiments. Experiment 1: study on effect of temperature on pollen viability by tetrazolium test using 4×5 factorial in completely randomized design (CRD). Factor 1 was temperature (25, 30, 35, 40°C) and factor 2 was storage period (12, 24, 36, 48, 60 h). Experiment 2: study on effect of temperature on pollen germination by hanging-drop technic, using 4×5 factorial in CRD. Factor 1 was temperature (25, 30, 35, 40°C) and factor 2 was storage period (12, 24, 36, 48, 60 h). Experiment 3: study on pollen viability and pollen germination at different seasons; summer (March-April), rainy season (August-September) and cool season (November-January). The results showed that high temperature and long storage period decreased pollen viability and pollen germination. The lowest pollen viability and pollen germination was found in the pollens kept at 40°C for 24 h (0.3 and 0.9%, respectively). In experiment 3 which was the study in the natural condition, percentage of pollen viability and pollen germination were lowest in summer. Thus, high temperature may involved in success of fertilization in aromatic coconut.

Keywords: high temperature, pollen viability, pollen germination, aromatic coconut

บทคัดย่อ

ปัญหาหนึ่งในการผลิตมะพร้าวน้ำหอมคือบางช่วงในรอบปีมีผลผลิตน้อย สาเหตุหนึ่งอาจมาจากละอองเกสรไม่สมบูรณ์ เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิที่สูงเกินไป งานวิจัยนี้จึงศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อความมีชีวิต และ ความงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2555 ถึง เมษายน 2556 โดยมีทั้งหมด 3 การทดลอง การทดลองที่ 1 ทดสอบผลของอุณหภูมิต่อความมีชีวิตของละอองเกสรมะพร้าวด้วยวิธี tetrazolium test วางแผนการทดลองแบบ 4×5 factorial ใน completely randomized design (CRD) มี 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิ 4 ระดับ คือ 25 30 35 40 องศาเซลเซียส และ ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลา มี 5 ระดับ คือ 12 24 36 48 60 ชั่วโมง การทดลองที่ 2 ทดสอบผลของอุณหภูมิต่อความงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม ด้วยวิธี Hanging-drop วางแผนการทดลองแบบ 4×5 factorial ใน CRD มี 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิ 4 ระดับ คือ 25 30 35 40 องศาเซลเซียส และ ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลา มี 5 ระดับ คือ 12 24 36 48 60 ชั่วโมง การทดลองที่ 3 ทดสอบความมีชีวิต และ ความงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอมในฤดูต่างๆ คือ ฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน) ฤดูฝน (สิงหาคม-กันยายน) และ ฤดูหนาว (พฤศจิกายน-มกราคม) โดยผลการทดลองที่ 1 และ 2 พบว่า ยิ่งได้รับอุณหภูมิสูงขึ้นและนานขึ้น เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรมะพร้าวจะลดลง โดยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทำให้ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรลดลงในระยะเวลาสั้นที่สุด คือ 24 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าความมีชีวิตและความงอกเท่ากับ 0.3 และ 0.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการทดลองที่ 3 ซึ่งเป็นการศึกษาในสภาพแปลง พบว่าทั้งความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรในฤดูร้อนมีค่าต่ำกว่าในฤดูฝน และฤดูหนาว ดังนั้นอุณหภูมิที่สูงจึงอาจส่งผลต่อความสำเร็จในการผสมเกสรและการลดลงของผลผลิตมะพร้าวน้ำหอม

คำสำคัญ: อุณหภูมิสูง ความมีชีวิตของละอองเกสร ความงอกของละอองเกสร มะพร้าวน้ำหอม

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม 73140

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

คำนำ

มะพร้าวน้ำหอม (aromatic coconut) เป็นมะพร้าวสายพันธุ์ต้นเตี้ยที่นิยมปลูกเป็นการค้า ในปัจจุบันมีการส่งออกมะพร้าวน้ำหอมไปจำหน่ายในต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น โดยในปีพ.ศ. 2554 มีมูลค่าการส่งออกประมาณ 521.3 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) ปัญหาที่พบในการผลิตมะพร้าวน้ำหอมในทุกปี คือ ผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมมีปริมาณลดลงในบางช่วงโดยเฉพาะในฤดูร้อน และปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการติดผลของพืช ได้แก่ การผสมเกสรที่ไม่สมบรูณ์ เนื่องมาจากละอองเกสรไม่มีชีวิต หรือไม่งอก หรืองอกแต่ไม่สามารถผสมกับเพศเมียได้ รวมถึงการหลุดร่วงของดอกเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมเกสร (Sato และคณะ, 2000) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่เกินค่าที่เหมาะสมของพืชน่าจะมีผลอย่างมากต่อเรื่องนี้ พบว่าในปี 2553-2554 ปริมาณของผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมลดลงอย่างมาก และพบอาการไม่ติดผลของมะพร้าวน้ำหอมเพิ่มขึ้นด้วย จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยารายงานว่า ในปีดังกล่าวมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงกว่าปีที่ผ่านมา (26.92 องศาเซลเซียส ในปี พ.ศ. 2551 และ 27.2 องศาเซลเซียส ในปีพ.ศ. 2552) เฉลี่ยประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554) ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของมะพร้าวน้ำหอมอยู่ในช่วง 20-27 องศาเซลเซียส (Chan และ Elevitch, 2006) ดังนั้นการที่มะพร้าวน้ำหอมได้รับอุณหภูมิสูงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งของการลดลงของผลผลิตมะพร้าวน้ำหอม จึงศึกษาถึงผลของอุณหภูมิสูงต่อความมีชีวิต และความสามารถในการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม โดยคาดว่าน่าจะทำให้ทราบว่าอุณหภูมิที่สูงมีผลต่อการงอกและความมีชีวิตของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอมหรือไม่

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ผลของอุณหภูมิต่อความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม

การทดลองที่ 1.1 ผลของอุณหภูมิต่อความมีชีวิตของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม

ทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอมโดยวิธี tetrazolium test โดยใช้สารละลาย Triphenyl tetrazolium chloride (TTC) โดยมีส่วนผสมของ sucrose 15 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำกลั่น 10 มิลิลิตร และ TTC 0.05 กรัม ตามสูตรของ Kearns and Inouye (1993) เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของความมีชีวิตของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม วางแผนการทดลองแบบ 4×5 factorial in CRD 3 ซ้ำ (ดอก) มี 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิในการเก็บรักษาละอองเกสรมี 4 ระดับได้แก่ 25 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส และ ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาที่ได้รับอุณหภูมิต่าง ๆ มี 5 ระดับได้แก่ 12 24 36 48 และ 60 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับดอกมะพร้าวน้ำหอมที่ทำการทดสอบความมีชีวิตทันที (control)

การทดลองที่ 1.2 ผลของอุณหภูมิต่อการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม

ทดสอบการงอกของละอองเกสรโดยวิธี Hanging drop โดยใช้อาหารเพาะเลี้ยงละอองเกสรตามสูตร ของ Brewbaker and Kwack (1963) วางแผนการทดลองแบบ 4×5 factorial in CRD 3 ซ้ำ (ดอก) มี 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิในการเก็บรักษาละอองเกสรมี 4 ระดับได้แก่ 25 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส และ ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาที่ได้รับอุณหภูมิต่าง ๆมี 5 ระดับได้แก่ 12 24 36 48 และ 60 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับดอกมะพร้าวน้ำหอมที่ทำการประเมินความงอกของละอองเกสรทันที (control)

การทดลองที่ 2 ผลของอุณหภูมิในแต่ละฤดูต่อความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม

การทดลองที่ 2.1 ผลของฤดูกาลต่อความมีชีวิตของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม

ทำการสุ่มเก็บดอกมะพร้าวน้ำหอมจากต้นมะพร้าวน้ำหอมในช่วงฤดูต่าง ๆ 3 ฤดู คือ ฤดูฝน (สิงหาคม-กันยายน, พ.ศ. 2555) และฤดูหนาว (พฤศจิกายน-มกราคม, พ.ศ. 2555-2556) ฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน, พ.ศ. 2556) ฤดูละ 4 วัน เพื่อทำการทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสรด้วยวิธี tetrazolium test เช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 2.2 ผลของฤดูกาลต่อการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม

ทำการสุ่มเก็บดอกมะพร้าวน้ำหอมที่เวลาเดียวกับการทดลองที่ 2.1 เพื่อทำการทดสอบการงอกของละอองเกสรด้วยวิธี Hanging drop โดยใช้อาหารเพาะเลี้ยงละอองเกสรจากสูตร ของ Brewbaker และ Kwack (1963)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

อิทธิพลของอุณหภูมิต่อความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม

จากการศึกษา พบว่า เมื่อละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอมได้รับอุณหภูมิที่สูงกว่าค่าเหมาะสม (27 องศาเซลเซียส) จะส่งผลต่อการลดลงของเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม และจะทยอยลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

อุณหภูมิที่ส่งผลต่อความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอมที่สุด คือ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต และการงอกต่ำที่สุด อยู่ที่ 0.3 และ 0.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) ส่วนที่อุณหภูมิอื่นๆ ความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรจะทยอยลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นเช่นกัน

การที่อุณหภูมิสูงเกินค่าเหมาะสมมีผลต่อการลดลงของเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม สอดคล้องกับในพืชหลายชนิด ดังนั้นอุณหภูมิถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการผสมเกสรที่ไม่สมบูรณ์ ส่งผลต่อการหลุดร่วงของดอก และผล (Bertin, 1995; Morrison และ Stewart, 2002; Sato และคณะ, 2000)

ผลของอุณหภูมิในแต่ละฤดูต่อความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอม

จากการศึกษาในสภาพแปลง พบว่า ในฤดูร้อนเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอมมีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุด รองลงมาคือฤดูหนาว และฤดูฝน โดยเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอมในฤดูร้อน คือ 44.9 และ 41.1 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับอุณหภูมิที่สูงกว่าในฤดูอื่น (Table 2)

จากการทดลองจะเห็นว่าอุณหภูมิที่สูงเกินค่าเหมาะสมไม่ว่าจะเป็นฤดูใด สามารถส่งผลให้ความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรลดลง ทำให้ประสิทธิภาพในการผสมเกสรลดลง ซึ่งอาจส่งผลให้ผลผลิตลดลงได้ อย่างไรก็ตามผลของอุณหภูมิสูงต่อการลดลงของความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสร น่าจะไม่ใช่สาเหตุหลักของการที่ผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมลดลงมากในช่วงฤดูร้อน เนื่องจากผลผลิตในช่วงนั้นเกิดจากดอกที่ออกในช่วงปลายฤดูฝน ซึ่งอุณหภูมิในขณะนั้นไม่ได้สูงมากนัก

สรุปผล

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอมทั้งในห้องปฏิบัติการ และสภาพแปลง พบว่า อุณหภูมิที่สูงกว่าค่าเหมาะสมของมะพร้าวน้ำหอม (27 องศาเซลเซียส) ทำให้ความมีชีวิต และการงอกของละอองเกสรมะพร้าวน้ำหอมลดลง

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำหรับทุนในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554, ความผันแปรและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ, 14 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554, สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ, ศูนย์สารสนเทศ, การเกษตรสานักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 28 หน้า.

Bertin, N., 1995, Competition for Assimilates and Fruit Position Affect Fruit Set in Indeterminate Greenhouse Tomat, Annales Botanici Fennici, 75: 55–65.

Brewbaker, J.L. and Kwack, B.H., 1963, The Essential Role of Calcium Ion in Pollen Germination and Pollen Tube Growth, American Journal of Botany, 50: 747–858.

Chan, E. and Elevitch, C.R., 2006, *Cocos nucifera* (coconut), ver. 2.1. In: Elevitch, C.R. (ed.). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry, Permanent Agriculture Resources, Holualoa, Hawaii. http://www.traditionaltree.org [February 1, 2013].

Kearns, C.A. and Inouye, D.W., 1993, Techniques for Pollination Biologists, University Press of Colorado, Niwot, Co., 583.

Morrison, M.J. and Stewart, D.W., 2002, Heat Stress During Flowering in Summer Brassica, Crop Science Sociaty of America, 42: 797-803.

Sato, S., Peet, M.M. and Thomas, J.F., 2000, Physiological Factors Limit Fruit Set of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Under Chronic, Mild Heat Stress, Plant Cell and Environment, 23: 719-726.

Table 1 Effect of temperature on pollen viability and pollen germination in aromatic coconut

Treatment	Temperature (˚C)	Time (h)	Pollen viability (%)				Avg.	Pollen germination (%)				Avg.
			R1	R2	R3	R4		R1	R2	R3	R4	
control	0	0	68.8	73.5	65.3	68.6	69.1	53.2	72.4	75.1	54.8	63.9
1	25	12	53.9	57.2	56.3	59.8	56.8	62.9	51.3	65.7	48.2	57.0
2	25	24	41.4	51.5	45.2	39.8	44.5	43.1	44.7	42.5	44.6	43.7
3	25	36	41.5	37.8	47.2	35.5	40.5	40.4	41.4	37.6	37.1	39.1
4	25	48	29.6	30.1	27.5	19.7	26.7	22.9	29.7	27.8	29.2	27.4
5	25	60	18.0	13.3	27.4	14.1	18.2	22.5	20.0	17.0	21.0	20.1
6	30	12	47.8	54.9	50.7	47.6	50.3	45.0	48.8	50.7	52.6	49.3
7	30	24	36.0	48.8	43.8	42.2	42.7	43.2	41.2	36.1	36.2	39.2
8	30	36	31.7	32.5	33.2	27.5	31.2	27.5	28.7	29.4	30.7	29.1
9	30	48	25.0	14.3	28.6	18.9	21.7	18.3	20.0	18.8	18.9	19.0
10	30	60	17.3	7.6	7.6	9.3	10.5	12.3	8.3	12.0	11.9	11.1
11	35	12	48.5	50.8	46.9	49.5	48.9	46.1	48.0	45.4	46.3	46.5
12	35	24	38.7	46.1	34.4	45.7	41.2	41.5	36.9	32.4	36.0	36.7
13	35	36	16.3	32.0	25.3	32.6	26.6	33.9	25.9	25.9	26.9	28.2
14	35	48	18.0	13.3	27.4	14.1	18.2	15.5	21.9	20.6	17.2	18.8
15	35	60	6.2	9.1	7.1	2.3	6.2	10.5	12.8	10.4	7.8	10.4
16	40	12	18.2	6.1	14.4	14.6	13.3	2.9	6.4	2.0	4.8	4.0
17	40	24	1.1	0.0	0.0	0.0	0.3	1.9	1.6	0.0	0.0	0.9
18	40	36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	40	48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	40	60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Table 2 Effect of season on pollen viability and pollen germination in aromatic coconut

Season	Date	Temperature (˚C)			Pollen viability (%)	Avg.	Pollen germination (%)	Avg.
		max	min	average				
Rianny season	16-Aug-2012	33.7	23.7	28.7	62.0	57.0	61.2	53.1
	20-Aug-2012	35.1	24.1	29.6	61.1		58.4	
	17-Sep-2012	32.1	23.9	28.0	48.4		50.2	
	24-Sep-2012	33.8	24.3	29.1	56.6		42.5	
Cool season	5-Nov-2012	34.5	22.9	28.7	45.3	54.7	41.0	51.9
	27-Dec-2012	31.9	20.8	26.4	59.7		60.8	
	21-Jan-2013	32.6	17.5	25.1	57.5		51.1	
	24-Jan.-2013	34.5	21.6	28.1	56.1		54.7	
Summer	18-Mar-2013	37.6	25.2	31.4	48.1	44.9	37.6	41.1
	2-Apr-2013	38.3	24.6	31.5	44.8		43.5	
	18-Apr-2013	36.3	22.3	29.3	43.4		41.4	
	29-Apr-2013	37.8	21.5	29.7	43.2		42.0	

ผลของสารสกัดจากใบของหยีน้ำ (*Millettia pinnata* (L.) Panigrahi) ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าของพืชบางชนิด

Effect of *Millettia pinnata* (L.) Panigrahi Leaves Extract on Germination and Seedling Growth of some Plants

ขวัญกมล ทวายตาคำ[1] สรัญญา วัชโรทัย[1] และ ณัฏฐา เสนีวาส[1]
Tawaitakham, K.[1], Vajrodaya, S.[1] and Sanevas, N.[1]

Abstract

The effect of *Millettia pinnata* (L.) Panigrahi lipophilic leaves extract on seed germination and seedling growth of 4 tested plant species i.e. giant mimosa (*Mimosa pigra* L.), mung bean (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek), wild rice (*Oryza rufipogon* Griff.) and rice (*Oryza sativa* L. cv. Khao Dawk Mali 105) had been investigated. Four concentrations of the extract 0.5, 1.0, 5.0 and 10.0 mg/ml were used together with methanol which was used as control. It was shown that all concentrations of the extract did not effect on seed germination of mung bean and wild rice, but at the concentrations 5.0 and 10.0 mg/ml could inhibit seed germination of giant mimosa and rice at 10.0 mg/ml. Shoot length of giant mimosa, wild rice and rice were inhibited by different concentrations of the extract, but there were no effect on shoot length of mung bean. The extract could stimulate root length of rice at 0.5 and 1.0 mg/ml. The extract at the concentration 0.5, 1.0 and 5.0 mg/ml could inhibit root length of mung bean, wild rice and giant mimosa, respectively. These effects of plant extract on seedling growth of weeds (wild rice and giant mimosa) suggest that *Millettia pinnata* has potential to be source of bioactive compounds which may be developed for weed control instead of chemical usage.

Keywords: *Millettia pinnata* leaves extract, inhibit, germination

บทคัดย่อ

ผลของสารสกัดส่วนที่มีขั้วต่ำ จากใบของหยีน้ำต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบ 4 ชนิด ได้แก่ ไมยราบยักษ์ ถั่วเขียว ข้าวป่า และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ใช้ความเข้มข้นของสารสกัดใบหยีน้ำที่ละลายในเมทานอล 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยมีเมทานอลเป็นชุดควบคุม ผลการทดลอง พบว่าสารสกัดจากใบหยีน้ำไม่มีผลต่อการงอกของถั่วเขียวและข้าวป่า แต่มีผลยับยั้งการงอกของไมยราบยักษ์ ที่ 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และยับยั้งการงอกของข้าวขาวดอกมะลิ ที่ 10.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ผลของสารสกัดใบหยีน้ำต่อเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบ พบว่าสามารถยับยั้งความยาวยอดของไมยราบยักษ์ ข้าวป่า และข้าวขาวดอกมะลิ แต่ไม่มีผลต่อความยาวยอดของถั่วเขียว สารสกัดสามารถกระตุ้นความยาวรากของต้นกล้าข้าวขาวดอกมะลิได้ ที่ 0.5 และ1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แต่ยับยั้งความยาวรากของถั่วเขียว ข้าวป่า และไมยราบยักษ์ ที่ 0.5, 1.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เนื่องจากสารสกัดจากใบหยีน้ำมีฤทธิ์ต่อการเจริญของต้นกล้าวัชพืชทั้งที่เป็นวัชพืชใบเลี้ยงเดี่ยวคือข้าวป่าและวัชพืชใบเลี้ยงคู่คือไมยราบยักษ์ ดังนั้นหยีน้ำจึงเป็นพืชที่มีศักยภาพเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่สามารถนำมาพัฒนาเพื่อควบคุมวัชพืช ทดแทนสารเคมีได้

คำสำคัญ: สารสกัดใบหยีน้ำ ยับยั้ง การงอก

คำนำ

มีรายงานวิจัยจำนวนมากที่เป็นการสำรวจ ค้นคว้า วิจัยหาสารสกัดจากพืชที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร โดยสารสกัดจากพืชมีผลช่วยกระตุ้นหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชชนิดอื่นได้ ทั้งทางตรงและทางอ้อม (Khan และคณะ, 2011) ดังนั้นสารสกัดจากพืชจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการทำเกษตรอินทรีย์ ทั้งด้านการกำจัดวัชพืชหรือช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชปลูก เพื่อความปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค

[1] ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University 50 Ngam Wong Wan Road,Lat Yao Chatuchak, Bangkok 10900

หยีน้ำ (*Millettia pinnata* (L.) Panigrahi) เป็นไม้ต้นอยู่ในวงศ์ถั่ว มีการกระจายพันธุ์อยู่บริเวณชายฝั่งทะเล ป่าชายหาดทางภาคใต้ของไทย คุณสมบัติเป็นพืชสมุนไพรที่ใช้บำบัดอาการโรคผิวหนัง ริดสีดวงทวาร และแผลอักเสบ (Tanaka และคณะ, 1992) รายงานการวิจัยพบว่าสารสกัดจากหยีน้ำมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร (Dahikar และคณะ, 2008) พบกลุ่มสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฟลาโวนอยด์ (Li และคณะ, 2006) ฟูราโนฟลาโวนอยด์ (Yadav และคณะ, 2004) และ สเตอรอยด์ (Shameel และคณะ, 1996) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากใบหยีน้ำต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าไมยราบยักษ์ ถั่วเขียว ข้าวป่า และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ผลที่ได้อาจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการเกษตรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ใบหยีน้ำที่เก็บจากบริเวณอ่าวเคย จังหวัดพังงา นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดให้ละเอียด แช่ในเทเมทานอลเก็บในที่มืดเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นกรองและระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดัน (rotary evaporator) จากนั้นแยกสารสกัดโดยใช้คุณสมบัติการละลายในตัวทำละลายที่ต่างกัน ด้วยน้ำกลั่นและคลอโรฟอร์ม นำสารสกัดส่วนที่ละลายในคลอโรฟอร์ม (lipophilic extract) มาระเหยให้แห้ง เตรียมความเข้มข้นของสารสกัด 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยละลายในเมทานอล และใช้เมทานอลเป็นชุดควบคุม ใช้พืชทดสอบจำนวน 4 ชนิด ได้แก่วัชพืชใบเลี้ยงคู่คือ ไมยราบยักษ์ (*Mimosa pigra* L.) พืชปลูกใบเลี้ยงคู่คือถั่วเขียว (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) วัชพืชใบเลี้ยงเดี่ยว คือข้าวป่า (*Oryza rufipogon* Griff.) และพืชปลูกใบเลี้ยงเดี่ยวคือข้าวขาวดอกมะลิ 105 (*Oryza sativa* L. cv. Khao Dawk Mali 105) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แต่ละกลุ่มทดลองทำ 3 ซ้ำ หยดสารสกัดจำนวน 5 มิลลิลิตร ลงบนกระดาษเพาะเมล็ดในจานแก้ว (Petri dish) ขนาด 9 เซนติเมตร ทิ้งข้ามคืนให้ตัวทำละลายระเหยออกไปจนหมดที่อุณหภูมิห้องในที่มืด ใส่น้ำกลั่นจานละ 5 มิลลิลิตร วางเมล็ดพืชทดสอบที่ผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ลงบนกระดาษเพาะ จำนวน 25 เมล็ดต่อจาน เก็บที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 5 วัน จากนั้นนับจำนวนเมล็ดงอก วัดความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้าพืชทดสอบ วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม IBM SPSS version 19 และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งโดยสูตรคำนวณดังนี้ (ดัดแปลงจาก Bakar *et al.*, 2013)

$$\%\text{การยับยั้ง} = \frac{(P_c - P_t) \times 100}{P_c}$$

เมื่อ P_c คือ จำนวนเมล็ดงอก ความยาวยอด ความยาวรากในชุดควบคุม
P_t คือ จำนวนเมล็ดงอก ความยาวยอด ความยาวรากที่ได้รับสารสกัดแต่ละความเข้มข้น

ผลการทดลอง

ผลของสารสกัดจากใบหยีน้ำต่อไมยราบยักษ์ พบว่าอัตราการงอกและความยาวรากที่ความเข้มข้น 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่มควบคุมโดยให้อัตราการงอกและความยาวรากที่ลดลง ผลต่อความยาวยอดพบว่าทุกกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม โดยความยาวยอดลดลงเมื่อสารสกัดมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (Table 1) ผลของสารสกัดจากใบหยีน้ำต่อถั่วเขียวพบว่าไม่มีผลต่อการงอกและความยาวยอดในทุกกลุ่มทดลอง แต่มีผลยับยั้งความยาวราก (Table 2) ผลของสารสกัดจากใบหยีน้ำต่อข้าวป่าพบว่าไม่มีผลต่อการงอกในทุกกลุ่มทดลอง แต่มีผลยับยั้งความยาวยอดและความยาวราก เมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น (Table 3) ผลของสารสกัดจากใบหยีน้ำต่อข้าวขาวดอกมะลิพบว่าอัตราการงอกลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และทุกระดับความเข้มข้นที่ทดสอบมีผลยับยั้งความยาวยอด ขณะที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ให้ผลกระตุ้นความยาวรากให้ยาวกว่าชุดควบคุม แต่ที่ระดับความเข้มข้น 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีผลยับยั้งให้ความยาวรากลดลงแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4)

วิจารณ์ผล

ผลของสารสกัดจากใบหยีน้ำทุกระดับความเข้มข้นที่ทดสอบไม่มีผลต่อการงอกและความยอดของเมล็ดถั่วเขียวซึ่งเป็นพืชปลูกใบเลี้ยงคู่ แต่ยับยั้งความยาวราก เช่นเดียวกับการรายงานของ Moosavi และคณะ (2011) ที่ศึกษาสารสกัดจากใบข้าวฟ่าง (*Sorghum bicolor*) ต่อเมล็ดถั่วเขียว พบว่าสารสกัดใบข้าวฟ่างไม่มีผลต่อการงอกและความยอดของเมล็ดถั่วเขียว จากการทดลองพบว่าสารสกัดจากใบหยีน้ำที่ความเข้มข้น 10.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีผลยับยั้งการงอกของวัชพืชใบเลี้ยงคู่คือไมยราบยักษ์ และพืชปลูกใบเลี้ยงเดี่ยวคือข้าวขาวดอกมะลิ แสดงว่าสารสกัดจากใบหยีน้ำมีฤทธิ์ยับยั้งการงอกของพืชทั้งสองประเภท ซึ่งให้ผลคล้ายคลึงกันกับสารสกัดหยาบจากใบผักโขมหนาม (*Amaranthus spinosus*) ที่สามารถยับยั้งการงอกของพืชใบเลี้ยงคู่และใบเลี้ยงเดี่ยวได้ (จุฑามาศ และ คณะ, 2554) สารสกัดจากใบหยีน้ำแสดงการยับยั้งความยาวยอด และกระตุ้นความยาวรากของต้นกล้าข้าวขาวดอกมะลิ ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน คือ 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สอดคล้องกับรายงานของ Samreen และคณะ (2009) ที่พบว่าสารสกัดจากพืชที่ความเข้มข้นเดียวกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของรากและยอดอย่างเป็นอิสระต่อกัน

สรุปผล

สารสกัดจากใบหยีน้ำทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบไม่มีผลต่อการงอกของถั่วเขียวและข้าวป่า ไม่มีผลต่อความเจริญของยอดต้นกล้าถั่วเขียว แต่ที่ความเข้มข้นของสารสกัด 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีผลยับยั้งการงอกของข้าวขาวดอกมะลิในระดับต่ำ สารสกัดที่ความเข้มข้นระดับต่ำ (0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ช่วยกระตุ้นความยาวรากของต้นกล้าข้าวขาวดอกมะลิ แต่ที่ความเข้มข้น 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีผลยับยั้งการเจริญของยอดและรากต้นกล้าข้าวขาวดอกมะลิ สารสกัดจากใบหยีน้ำที่ระดับความเข้มข้นสูงมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของรากต้นกล้าพืชทดสอบทั้ง 4 ชนิด และเนื่องจากความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความยาวยอดและความยาวรากของต้นกล้าข้าวป่าลดลง แสดงว่าสารสกัดมีฤทธิ์ยับยั้งเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวป่าซึ่งเป็นวัชพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และการที่สารสกัดจากใบหยีน้ำที่ความเข้มข้น 10.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการงอกของไมยราบยักษ์ในระดับสูง ยับยั้งการเจริญของยอดและรากต้นกล้าไมยราบยักษ์ซึ่งเป็นวัชพืชใบเลี้ยงคู่ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาต่อไปเพื่อหาสารออกฤทธิ์จากสารสกัดใบหยีน้ำ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าวัชพืช เพื่อพัฒนามาทดแทนสารเคมีในการควบคุมวัชพืชต่อไปได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

จุฑามาศ ศุภพันธ์, วีระเกียรติ ทรัพย์มี, ศิริพร อมรพุทธิ และ พีรยุทธ สิทธิรักษ์, 2554, ผลทางอัลลีโลพาทีของสารสกัดหยาบจากผักโขมหนามต่อการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวโพด ผักกาดขาวปลี หญ้ารังนก และต้อยติ่ง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3/1 พิเศษ): 351-354.

Bakar, B., Leong, S. T., Othman, M. R., Annuar, M. S. M. and Awang, K., 2013, Allelochemicals in *Cuscuta campestris* Yuncker, The 4th Tropical Weed Science Conference 2013, 16-22.

Dahikar, B. S., Arote, S. A. and Yeole, P. G., 2008, Phytochemical Screening and Antibacterial Properties of Leaves of *Pongamia pinnata* Linn. (Fabaceae) from India, Continental Journal Microbiology, 2: 5-10.

Khan, R., Khan, M. A., Waqas, M., Khan, A. M., Hussain, Z., Khan, A. and Raza, M. A., 2011, Allelopathic Potential of *Silybum marianum* L. Against the Seed Germination of Edible Legumes, Pakistan Journal of Weed Science Research, 17: 293-302.

Li, L., Li, X., Deng, Z., Fu, H., Proksch, P. and Lin, W., 2006, Pongamone A-E, Five Flavonoids from the Stems of a Mangrove Plant, *Pongamia pinnata*., Phytochemistry, 67: 1347-1352.

Moosavi, A., Afshari, R. T., Asadi, A. and Gharineh, M. H., 2011, Allelopathic Effects of Aqueous Extract of Leaf Stem and Root of *Sorgbum bicolor* on Seed Germination and Seedling Growth of *Vigna radiate* L., Notulae Scientia Biologicae, 3(2): 114-118.

Samreen, U., Hussain, F. and Sher, Z., 2009, Allelopathic Potential of *Calotropis procera* (Ait.) Ait., Pakistan Joural of Pharmaceutical Sciences, 15(1): 7-14.

Shameel, S., Usmanghani, K. and Ali, M.S, 1996, Chemical Constituents from the Seed of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre., Pakistan Joural of Pharmaceutical Sciences, 9(1): 11-20.

Tanaka, T., Linuma, M., Yuki, K., Fujii, Y. and Mizuno, M., 1992, Flavonoids in Root Bark of *Pongamia pinnata*, Phytochemistry, 31: 993-998.

Yadav, P.P., Ahmad, G. and Maurya, R., 2004, Furanoflavonoids from *Pongamia pinnata* fruits, Phytochemistry, 65: 439-443.

Table 1 The effect of leaves extract of *Millettia pinnata* extract on giant mimosa (*Mimosa pigra* L.)

Concentration (mg/ml)	Seed germination (%)	Shoot length (cm)	Root length (cm)
control	98.67±1.33[a] (0.00)	4.82±0.13[a] (0.00)	1.77±0.06[a] (0.00)
0.5	94.67±1.33[a] (4.05)	4.42±0.09[b] (8.30)	1.67±0.06[a] (5.65)
1.0	93.33±1.33[a] (5.43)	3.76±0.09[c] (21.99)	1.61±0.08[a] (9.04)
5.0	62.67±5.81[b] (36.48)	2.00±0.10[d] (58.51)	1.06±0.06[b] (40.11)
10.0	46.67±4.81[c] (52.70)	0.86±0.07[e] (82.16)	0.55±0.05[c] (68.93)

Values within each column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$.

Values in the parentheses are inhibition percentages compared to control.

Table 2 The effect of leaves extract of *Millettia pinnata* extract on mung bean (*Vigna radiata*)

Concentration (mg/ml)	Seed germination (%)	Shoot length (cm)	Root length (cm)
control	100.00±0.00[a] (0.00)	4.99±0.21[a] (0.00)	5.55±0.26[a] (0.00)
0.5	98.67±1.33[a] (1.32)	4.96±0.20[a] (0.60)	4.75±0.26[b] (14.41)
1.0	100.00±0.00[a] (0.00)	4.63±0.17[a] (7.21)	4.42±0.24[b] (20.36)
5.0	100.00±0.00[a] (0.00)	4.53±0.17[a] (9.22)	4.25±0.21[b] (23.42)
10.0	100.00±0.00[a] (0.00)	4.72±0.11[a] (5.41)	3.05±0.21[c] (45.05)

Values within each column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$.

Values in the parentheses are inhibition percentages compared to control.

Table 3 The effect of leaves extract of *Millettia pinnata* extract on wild rice (*Oryza rufipogon*)

Concentration (mg/ml)	Seed germination (%)	Shoot length (cm)	Root length (cm)
control	100.00±0.00[a] (0.00)	4.83±0.12[a] (0.00)	5.69±0.23[a] (0.00)
0.5	100.00±0.00[a] (0.00)	3.88±0.20[b] (19.67)	5.50±0.18[ab] (3.34)
1.0	98.67±1.33[a] (1.32)	3.60±0.16[bc] (25.47)	4.97±0.16[b] (12.65)
5.0	98.67±1.33[a] (1.32)	3.25±0.17[c] (32.17)	3.95±0.18[c] (30.58)
10.0	98.67±1.33[a] (1.32)	2.35±0.83[d] (51.35)	2.36±0.18[d] (58.52)

Values within each column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$.

Values in the parentheses are inhibition percentages compared to control.

Table 4 The effect of leaves extract of *Millettia pinnata* extract on rice (*Oryza sativa* L. cv. Khao Dawk Mali 105)

Concentration (mg/ml)	Seed germination (%)	Shoot length (cm)	Root length (cm)
control	98.67±1.33[a] (0.00)	3.24±0.15[a] (0.00)	5.67±0.49[b] (0.00)
0.5	100.00±0.00[a] (-1.34)	2.56±0.13[b] (20.99)	7.36±0.27[a] (-29.81)
1.0	100.00±0.00[a] (-1.34)	2.31±0.08[b] (28.70)	6.68±0.26[a] (-17.81)
5.0	96.00±2.31[a] (2.72)	1.76±0.06[c] (45.68)	4.22±0.20[c] (25.57)
10.0	89.33±1.33[b] (9.49)	1.39±0.07[d] (57.10)	2.29±0.19[d] (59.61)

Values within each column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$.

Values in the parentheses are inhibition percentages compared to control.

(-) represent promotion percentages over control.

ผลของปัจจัยแสงต่อการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนเมล็ดพลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) ในวุ้นอาหารสังเคราะห์

Light Factor Affecting *In vitro* Seed Culture of Water Onion (*Crinum thaianum*)

เอฏฐวรรณ ชมชื่น[1] **และ ปกขวัญ หุตางกูร**[1]
Chomchuen, A.[1] and Hutangura, P.[1]

Abstract

Water onion (*Crinum thaianum*) is an endemic and endangered species of Thailand. Propagations by using *in vitro* culture techniques have been studied in order to increase the number of this plant. In this study, the water onion seeds were surface-sterilized and dissected into 2 parts including, haustorium and endosperm. Both parts were cut into 2 halves. Consequently, the prepared explants were cultured for 90 days on ½ MS supplemented with 2 g/L activated charcoal, 30 g/L sucrose, 0.9% agar, pH 5.7. The seed explants were grown at 25-28 ºC under 1,000 lux light intensity for 16 hours per day and dark condition. The result showed that the haustorium explants grown under light condition gave lower % viability, % bulblet induction and % callus induction (62.5, 37.5 and 50%, respectively) compared to the haustorium grown under dark condition (100, 50 and 75%, respectively). While the endosperm explants grown under light condition gave 37.5% viability without callus induction. The endosperm explants grown under dark condition gave 75% viability and 50% callus induction. In addition, endosperm explants grown under two light conditions gave no bulblet induction.
Keywords: *Crinum thaianum*, propagation, seed *in vitro* culture

บทคัดย่อ

พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) เป็นพืชประจำถิ่นของประเทศไทยที่พบเพียงแห่งเดียวในโลก และมีแนวโน้มที่ใกล้จะสูญพันธุ์ การศึกษาวิธีขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อชิ้นส่วนเมล็ดจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยรักษาพืชชนิดนี้ให้เพิ่มจำนวนขึ้นในเวลาอันรวดเร็วได้ ในการทดลองนี้ได้นำชิ้นส่วนเมล็ดมาฟอกฆ่าเชื้อที่ผิว แล้วนำมาผ่าแบ่งส่วนของ haustorium และ endosperm ออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน นำชิ้นส่วนเมล็ดมาเลี้ยงในวุ้นอาหารสูตร ½ MS เติมผงถ่านกัมมันต์ 2 g/L ซูโครส 30 g/L วุ้น 0.9% pH 5.7 ที่อุณหภูมิ 25-28 °C โดยเลี้ยงในสภาพที่ให้แสง 16 ชม./วัน และในที่มืด นาน 90 วัน ผลการทดลองพบว่าชิ้นส่วน haustorium ที่เลี้ยงในสภาพมีแสงมี % ความมีชีวิต % การงอกต้นใหม่ และ % การเกิดแคลลัสเป็น 62.5, 37.5 และ 50% ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าชิ้นส่วนที่เลี้ยงในที่มืด ซึ่งมีค่าเป็น 100, 50 และ 75% ตามลำดับ ในขณะที่ชิ้นส่วน endosperm ที่เลี้ยงในที่สว่างมี % ความมีชีวิตเป็น 37.5% และไม่มีการเกิดแคลลัส โดยชิ้นส่วนที่เลี้ยงในที่มืดมี %ความมีชีวิตเป็น 75% และมี %การเกิดแคลลัสเป็น 50% ทั้งนี้ endosperm ที่เลี้ยงในสภาพที่มีแสงและในที่มืดไม่มีการงอกต้นใหม่เกิดขึ้น
คำสำคัญ: พลับพลึงธาร การขยายพันธุ์ การเลี้ยงเนื้อเยื่อเมล็ด

คำนำ

พลับพลึงธารหรือหอมน้ำ เป็นพืชในวงศ์ Amaryllidaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Crinum thaianum* ขยายพันธุ์โดยใช้หัวหรือเมล็ด ใช้เวลาในการเติบโตจนออกดอกนานกว่า 9 เดือน เป็นพืชที่ต้องการน้ำที่สะอาดและไหลเบาตลอด มีประโยชน์หลายด้านเช่น รากช่วยยึดเกาะป้องกันตลิ่งพัง ใบเป็นแหล่งอาหาร หลบภัยและเป็นที่วางไข่ของสัตว์น้ำ ปัจจุบันพลับพลึงธารเป็นพืชที่ควรได้รับการอนุรักษ์เนื่องจากเป็นพืชที่พบได้ถิ่นเดียวของประเทศไทย และแห่งเดียวในโลกซึ่งกำลังจะสูญพันธุ์ เนื่องจากสภาพของคลองตามธรรมชาติถูกเปลี่ยนแปลงไปจากการขุดลอกคลอง ทำให้กระแสน้ำไหลแรงขึ้น หัวของพลับพลึงธารจึงถูกกระแสน้ำพัดไหลออกสู่ทะเล ทั้งยังถูกขุดไปขายเพื่อใช้เป็นไม้น้ำประดับตู้ปลา

[1] **ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**, 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง, เขตบางซื่อ, กทม. 10800 ประเทศไทย

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok. 1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800 Thailand.

การศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนของพลับพลึงธารในสภาพปลอดเชื้อในวุ้นอาหารจะทำให้สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการชักนำและการเจริญของหัวย่อยเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงที่สุด ได้มีการศึกษาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนหัวพลับพลึงธารที่ถูกผ่าแบ่งตามยาวเพื่อชักนำให้มีการสร้างหัวย่อย (วรรณดา และ รัฐภัทธ์, 2551; รุ่งทิวาพร และ อรอนงค์, 2553 และ เอฎฐวรรณ, 2554) และพบว่าสามารถชักนำให้เกิดหัวย่อยเพิ่มขึ้นได้จากการเลี้ยงชิ้นส่วนหัว แต่ผลที่ได้ยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมอีกมากเพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตามต้นพลับพลึงธารได้มีปริมาณลดลงรวดเร็วอย่างต่อเนื่องจนอยู่ในขั้นวิกฤติ การนำชิ้นส่วนเมล็ดมาเลี้ยงในวุ้นอาหารสังเคราะห์ (*in vitro* culture) จึงนับเป็นอีกหนทางหนึ่งที่มีศักยภาพในการเพิ่มจำนวนของพลับพลึงธารได้ เนื่องจากพลับพลึงธารต้นหนึ่งๆจะมีการติดเมล็ดเป็นจำนวนมาก จึงมีวัตถุดิบในการเพาะเลี้ยงมากกว่าการใช้ชิ้นส่วนหัว ในการทดลองนี้ได้ทำการศึกษาผลของ %ความมีชีวิต, %การงอกต้นใหม่ และ%การเกิดแคลลัส เมื่อเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนเมล็ดคือ haustorium และ endosperm นาน 90 วัน ในที่สว่างและที่มืด เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการขยายพันธุ์พลับพลึงธารจากการเลี้ยงชิ้นส่วนเมล็ด

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดพลับพลึงธารที่มีขนาดใกล้เคียงกันมาฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 10% (available chlorine 0.26% (w/w)) นาน 10 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 1 ครั้ง 5 นาที ตามด้วยเมอร์คิวริกคลอไรด์ 0.4% นาน 10 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที นำส่วนเมล็ดมาผ่าแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ haustorium และ endosperm แล้วนำ haustorium และ endosperm มาผ่าตามยาวออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน นำมาเลี้ยงในวุ้นอาหารสูตร ½ MS เติมผงถ่านกัมมันต์ 2 g/L ซูโครส 30 g/L วุ้น 0.9% ที่ pH 5.7 อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส ภายใต้ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวันและในที่มืด โดยทำการทดลองทรีทเมนต์ละ 8 ซ้ำ บันทึกผลของ %ความมีชีวิต (โดยการศึกษาลักษณะภายนอก), %การงอกเป็นต้นใหม่ และ %การเกิดแคลลัส เป็นเวลา 90 วัน (เก็บผลสัปดาห์ละครั้ง) และตรวจสอบความชีวิตของชิ้นส่วนเมล็ดด้วยวิธี tetrazolium test เมื่อเพาะเลี้ยงครบ 90 วัน

ผลการทดลอง

เมื่อเพาะเลี้ยงนาน 90 วัน ชิ้นส่วน haustorium ในที่สว่างมี %ความมีชีวิต %การงอกเป็นต้นใหม่ และ %การเกิดแคลลัส เท่ากับ 62.5, 37.5 และ 50% ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าในที่มืด (100%, 50% และ 75% ตามลำดับ) โดยชิ้นส่วนที่เลี้ยงในที่สว่างให้ต้นใหม่ที่มีลักษณะสีเขียวเข้ม แข็งแรงกว่าชิ้นส่วน haustorium ที่เลี้ยงในที่มืด ซึ่งมีสีขาวซีดและมีการเจริญยืดยาวกว่ามาก ส่วนแคลลัสที่ได้จากการเลี้ยงทั้งในที่สว่างและมืดมีลักษณะเป็นแบบหลวม (friable) มีสีขาวขุ่น ในขณะที่ชิ้นส่วน endosperm ที่เลี้ยงในที่สว่างมีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต 37.5% และไม่เกิดแคลลัส ซึ่งน้อยกว่าในที่มืด ที่มีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตถึง 75% และเกิดแคลลัส 50% โดยแคลลัสเป็นแบบหลวม และมีสีขาวขุ่นเช่นเดียวกับที่สร้างจาก haustorium อย่างไรก็ตาม endosperm ไม่มีการงอกเป็นต้นใหม่ ทั้งในที่สว่างและในที่มืด โดยลักษณะชิ้น endosperm ที่เลี้ยงในที่สว่างส่วนใหญ่มีสีขาวซีดอมน้ำตาลอ่อน ส่วนในที่มืดมีสีขาวซีดอมเขียวอ่อนและมีสีน้ำตาลเล็กน้อยตรงบริเวณขอบ

วิจารณ์ผล

หลังจากเพาะเลี้ยงชิ้นส่วน haustorium และ endosperm นาน 90 วัน พบว่าชิ้นส่วนเมล็ดที่เลี้ยงในที่มืดมี %ความมีชีวิตสูงกว่าชิ้นส่วนเมล็ดในที่สว่าง เมื่อทดสอบความมีชีวิตด้วยวิธี Tetrazolium test เช่นเดียวกับผลของ %การงอกเป็นต้นใหม่ของส่วน haustorium เนื่องจากส่วนนี้อาจไม่จำเป็นต้องใช้แสงในการงอก คือในที่มีแสงเมล็ดสามารถงอกได้แต่ไม่ดีเท่าในที่มืด (จานุลักษณ์, 2541) เพราะเมล็ดยังไม่ต้องการการสังเคราะห์แสงเนื่องจากยังมีอาหารสำรองอยู่ภายใน haustorium ซึ่งเป็นส่วนของ embryo ที่รวมส่วนของใบเลี้ยงของพลับพลึงธารอยู่ด้วยภายใน (สโรชา, 2536 และ กนกกร, 2545) โดยลักษณะการงอกเป็นต้นใหมในที่มืดจะมีการยืดตัวได้ดีกว่าในที่สว่าง ซึ่งในทางสรีรวิทยาของพืช ลำต้นที่ยืดยาวอาจมาจากการสะสมของ auxin อย่างมาก หรือยืดยาวเพื่อพุ่งหาแสงเพื่อสร้างอาหารจากการสังเคราะห์แสงไว้ใช้ในการเจริญเติบโต (บุณยง, 2519) ส่วนต้นอ่อนที่งอกในที่มืดจะมีสีขาวซีดเนื่องจากชิ้นส่วนเมล็ดอยู่ในที่มืดตลอดทำให้ไม่มีการสร้างคลอโรฟิลล์ (วุฒิชัย และคณะ, 2555) และจะมีสีน้ำตาลเล็กน้อยเมื่อเทียบกับในที่สว่าง ทั้งนี้เนื่องจากการเลี้ยงในที่มืดจะช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลที่ชิ้นส่วนพืชได้ (Kiong และคณะ, 2008) ส่วนการที่ haustorium สามารถงอกเป็นต้นใหม่ได้ ก็สอดคล้องกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปาล์มน้ำมัน ที่พบว่า embryo จากแคลลัสของคัพภะที่มีสีขาวขุ่น จะเติบโตใหญ่ขึ้นจากการเปลี่ยนรูปร่างเป็น somatic embryo 4 ระยะ และระยะที่ 4 คือระยะ haustorium shape ที่มีลักษณะ เรียวแหลม (ชยานิจ และคณะ, 2552 และ Yosof และคณะ,

2000) ดังนั้น haustorium จึงเป็นชิ้นส่วนที่เทียบได้กับ embryo ที่สามารถเปลี่ยนแปลงพัฒนาจนเป็นพืชต้นใหม่ได้ ยิ่งไปกว่านั้น ชิ้นส่วนที่ได้มาจากการผ่าครึ่งตามยาวของ haustorium สามารถเกิดเป็นต้นใหม่ได้ 1 ต้น ทำให้เราสามารถเลี้ยงเพื่อให้ได้ต้นอ่อนจาก haustorium ได้เป็น 2 เท่าของการเพาะเมล็ดแบบธรรมดา ส่วน endosperm ไม่มีคุณสมบัติในข้อนี้จึงไม่มีการงอกเป็นต้นใหม่ขึ้น อย่างไรก็ตาม แคลลัสที่สร้างขึ้นจากชิ้นส่วนของ endosperm ก็มีศักยภาพในการนำไปชักนำให้เกิดเป็นต้นใหม่ได้ ซึ่งต้องมีการศึกษาต่อไป

สรุปผล

การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนของ haustorium จากเมล็ดพลับพลึงธารสามารถให้ต้นใหม่ได้ โดยการเลี้ยงในที่มืดให้ %ความมีชีวิต %การงอกเป็นต้นใหม่ และ %การเกิดแคลลัสสูงกว่าเมื่อเลี้ยงในที่สว่าง ในขณะที่การเลี้ยงชิ้นส่วนของ endosperm จะไม่ให้ต้นใหม่เลย แต่จะให้แคลลัสซึ่งสามารถนำไปเลี้ยงและชักนำให้เกิดเป็นต้นใหม่ได้ โดยการเลี้ยงชิ้นส่วนของ endosperm ในที่มืดจะมี %ความมีชีวิต และการเกิดแคลลัสสูงกว่าในที่สว่างเช่นเดียวกับการเลี้ยง haustorium

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณลุงเลื่อน มีแสง ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพลับพลึงธารเพื่อใช้ในการทดลองนี้ และชาวบ้านอำเภอคุระบุรี ที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ และร่วมกันปกป้อง อนุรักษ์พลับพลึงธาร

เอกสารอ้างอิง

กนกกร อัฐฐิศิลป์เวท, 2545, ผลของแสง, NAA, BA และ Kinetin ที่มีผลต่อการงอกเมล็ดพริกและการเจริญของต้นกล้าพริก (*Capsicum annuum* L.) พันธุ์ CA 365 ในสภาพปลอดเชื้อ, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 26.

จานุลักษณ์ ขนบดี, 2541, การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก, โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ,183 หน้า.

ชยานิจ ดิษฐบรรจง, กษิดิศ ดิษฐบรรจง, ภุมรินทร์ วนิชชนานนท์, อรรัตน์ วงศ์ศรี และ อรุณี ใจเถิง, 2552, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปาล์มน้ำมัน, ในการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, หน้า 268-275.

บุญยง สุรีย์พงษ์, 2519, อิทธิพลของแสงที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดสนสามใบ, วนศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 61.

รุ่งทิวาพร มอญฤทธิ์ และอรอนงค์ ฤทธิมาร , 2553, ผลของน้ำตาลซูโครสในการสร้างตาข้างของพลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) ที่เลี้ยงในวุ้นอาหารสูตร MS, ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

วุฒิชัย ฤทธิ และ อนุพันธ์ กงบังเกิด, 2555, ผลของแสงต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ดินเหลืองประไพในสภาพปลอดเชื้อ, ในเอกสารการประชุมวิชาการ พะเยาวิจัยครั้งที่ 1, หน้า 15-23.

วรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย และ รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์, 2551, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหอมน้ำ *Crinum thaianum* Schulze . สถาบันวิจัยสัตว์น้ำและพรรณไม้น้ำ. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรมประมง.

สโรชา จิรชวนันท์, 2536, โลกของพืช, สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพมหานคร, 49 หน้า.

เอฏฐวรรณ ชมชื่น, 2554, การขยายพันธุ์พลับพลึงธาร (*Crinum thaianum*) โดยการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนหัวในวุ้นอาหารสังเคราะห์สูตร MS และในระบบไร้ดิน. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

Kiong, A.L.P., Thing, Y.S., Gansau, J.A. and Hussein, S., 2008, Induction and Multiplication of Callus from Endosperm of *Cycas revolute*, African Journal of Biotechnology, 7(23): 4279-4284.

Yusof, B., Jalani, B.S. and Chan, K.W., 2000, Advances in Oil Palm Research, Malaysian Palm Oil Board, Ministry of Primary Industries, Malaysia, 1: 781 p.

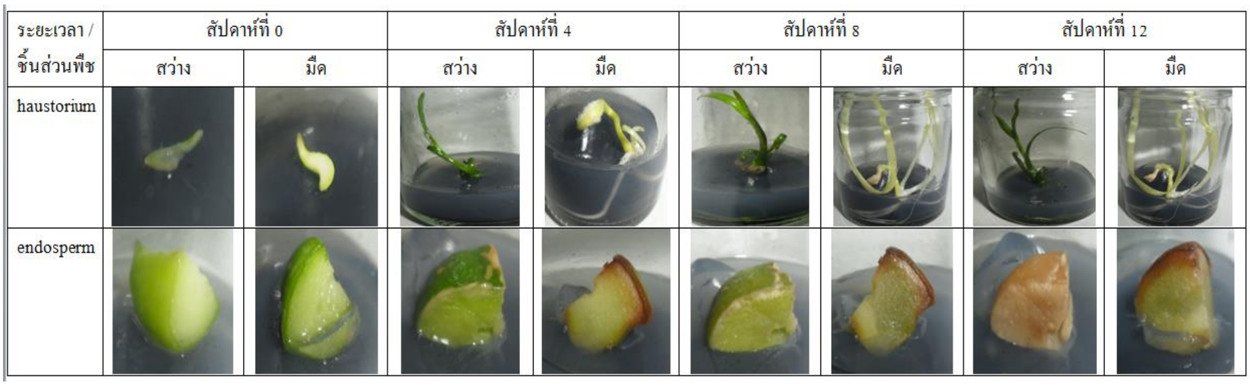


Figure 1 Growth of haustorium vs endosperm explants of water onion cultured under 1,000 lux light intensity for 16 hr per day and dark condition

Table 1 Experimental results

ผลการทดลอง			
	Plant parts	light	dark
Viability (%)	Haustorium	62.5%	100%
	Endosperm	37.5%	75%
Geminated explant (%)	Haustorium	37.5%	50%
	Endosperm	0%	0%
Callus formation (%)	Haustorium	50%	75%
	Endosperm	0%	50%
Appearance after incubation for 90 days	Haustorium	ลักษณะสีเขียวเข้ม สร้างแคลลัสแบบหลวม สีขาวขุ่น ยืดตัวช้า	ลักษณะสีขาวซีด สร้างแคลลัสแบบหลวม สีขาวขุ่น ยืดตัวเร็ว
	Endosperm	ลักษณะสีน้ำตาล สร้างแคลลัสแบบหลวม สีขาวขุ่น ความมีชีวิตสั้น	สีเขียวอ่อน มีสีน้ำตาลบริเวณขอบชิ้น สร้างแคลลัสแบบหลวม สีขาวขุ่น ความมีชีวิตนาน

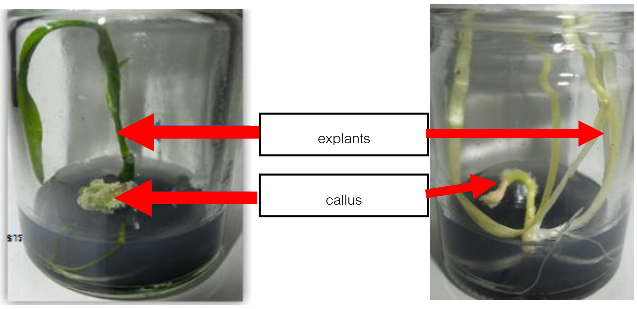


Figure 2 The growth of explants and callus formation from haustorium of water onion seed

กระบวนการลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์

Removal of Astringency in Cashew Apple Juice

ศรัณย์ ลาภนิธิพร[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]
Lapnitiporn, S.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The aim of this research was to reduce tannins, causing astringency in fresh and concentrated cashew apple juice. The various treatments that reduce tannins were 0.1, 0.2 and 0.3% gelatin, 10, 20 and 30% bentonite at 1, 2 and 3 h, and carbon dioxide treatments at 1, 2 and 3 days. The 0.2% gelatin for 1 h resulted in the greatest tannin removal from both fresh and concentrated cashew apple juice at 30.77% and 83.95%, respectively. Moreover, gelatin treatment could reduce the loss of vitamin C, phenolics, and antioxidant activities less than bentonite and carbon dioxide treatments.

Keywords: Fresh cashew apple juice, Total phenolics, Vitamin C, Antioxidant activity, Tannins, Astringency

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการลดความฝาดที่เกิดจากสารแทนนินของน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้น โดยใช้เจลาตินร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3, เบนโทไนท์ ร้อยละ 10, 20 และ 30 เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นเวลา 1, 2 และ 3 วัน พบว่า การลดปริมาณแทนนินในน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นด้วยเจลาตินร้อยละ 0.2 นาน 1 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณแทนนินได้สูงที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 30.77 และ 83.95 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเจลาตินสามารถลดการสูญเสียปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการลดปริมาณแทนนินด้วยเบนโทไนท์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

คำสำคัญ: น้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วิตามินซี การต้านอนุมูลอิสระ แทนนิน ความฝาด

คำนำ

มะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale* L.) เป็นพืชที่สามารถนำส่วนต่างๆ ของต้นมาใช้ประโยชน์ได้ ตั้งแต่ ราก ลำต้น ใบ ยอดอ่อน ผล เมล็ด เปลือก เป็นต้น แต่ผลสดมะม่วงหิมพานต์ (cashew apple) เป็นส่วนเหลือทิ้งทางการเกษตร เนื่องจากมีรสฝาด เน่าเสียง่าย และมีกลิ่นเฉพาะตัว จึงไม่ได้รับความนิยมในการบริโภค มีรายงานระบุว่าผลสดมะม่วงหิมพานต์เป็นแหล่งรวมของสารพฤษเคมี สารอาหารและสารสำคัญต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบฟีนอลิก โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมันและเกลือแร่ (Queiroz และคณะ, 2011) อีกทั้งยังเป็นแหล่งรวมของวิตามินซี (Campos และคณะ, 2002) ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่มีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ยังมีการวิจัยพบว่า ผลสดมะม่วงหิมพานต์มีสาร quercetin (Brito และคณะ, 2007) ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) มีคุณสมบัติลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง และช่วยป้องกันการเกิดลิ่มเลือดในหลอดเลือด (Manach และคณะ, 2005) เป็นต้น จึงมีการแปรรูปผลสดมะม่วงหิมพานต์เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำมะม่วงหิมพานต์และสารสกัดน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้น สุราและไวน์ เป็นต้น (Costa และคณะ, 2009) แต่น้ำมะม่วงหิมพานต์ยังไม่เป็นที่นิยมสำหรับผู้บริโภค เนื่องจากมีรสฝาด ซึ่งเกิดจากสารประกอบพอลีฟีนอลชนิดหนึ่ง “สารประกอบแทนนิน (tannin compound)” ปัจจุบันมีกรรมวิธีลดความฝาดในผลไม้หลายวิธี เช่น การรมผลพลับด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือการแช่ในน้ำปูนใส และการใช้สารช่วยจับโมเลกุลแทนนินในไวน์ เช่น เจลาติน และเบนโทไนท์ เป็นต้น (Colonna และคณะ, 2004) แต่กรรมวิธีดังกล่าวอาจก่อให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารสำคัญเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบกรรมวิธีการลดความฝาดในน้ำมะม่วงหิมพานต์ โดยลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณสารสำคัญต่างๆ ให้สูญเสียน้อยที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลมะม่วงหิมพานต์ จากจังหวัดระนอง แยกส่วนที่เป็นเม็ดมะม่วงหิมพานต์ออก ล้างผลสดมะม่วงหิมพานต์ด้วยน้ำกลั่น หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นละเอียด กรองแยกกาก แล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ น้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสด (fresh cashew

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, 49, Teintalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

apple juice) และน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้น (concentrated cashew apple juice) ด้วยเทคนิคการทำให้เข้มข้นแบบการระเหย (evaporation) โดยใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความดัน 42 mbar เพื่อแยกส่วนที่เป็นความชื้นหรือน้ำออกจากน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสด จากนั้นลดความฝาดในน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นที่ได้ด้วยสารช่วยจับโมเลกุลแทนนิน ได้แก่ เจลาติน แปรสัดส่วนร้อยละ 0, 0.10, 0.20 และ 0.30 โดยน้ำหนัก เบนโทไนท์ แปรสัดส่วนร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก และรมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 100 แปรระยะเวลาที่ 0, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง สำหรับ เจลาตินและเบนโทไนท์ ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แปรระยะเวลาที่ 0, 1, 2 และ 3 วัน ตามลำดับ เมื่อครบระยะเวลานำน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นมากรองผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์ 4 ภายใต้สภาวะสุญญากาศ หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี (physicochemical properties) และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) เปรียบเทียบก่อนและหลังผ่านกระบวนการลดความฝาด ดังนี้

ปริมาณของแข็งละลายน้ำ (total soluble solid: TSS) ด้วย Refractometer (ATAGO, PAL-α, Japan) รายงานผลเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) โดยวิธี Total phenols assay ดัดแปลงจากวิธีของ Kim และ Lee (2002) โดยผสมสารละลายตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร กับน้ำกลั่น 950 ไมโครลิตร Folin-ciocalteau reagent 5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 4 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้กรดแกลลิคเป็นสารละลายมาตรฐาน รายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิค ต่อ 100 กรัม)

ปริมาณแทนนินทั้งหมด (total tannin content) โดยวิธี FAO (2000) สารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร ดูดสารละลายที่ได้ 20 มิลลิลิตร ผสมเข้ากับน้ำกลั่น 950 ไมโครลิตร Folin-ciocalteau reagent 250 ไมโครลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 1.25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 40 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงครั้งที่ 1 (absorbance no.1) ส่วนค่าการดูดกลืนแสงครั้งที่ 2 (absorbance no.2) สารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร ดูดสารละลายที่ได้ 1 มิลลิลิตร ผสมเข้ากับน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร และสารละลาย polyvinyl pyrrolidene (PVPP) 200 ไมโครลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร บันทึกค่าครั้งที่ 2 โดยใช้กรดแทนนิค (tannic acid) เป็นสารละลายมาตรฐาน จากนั้นคำนวณหาปริมาณแทนนินทั้งหมด รายงานผลเป็นปริมาณแทนนินทั้งหมด (กรัมแทนนิน ต่อ 100 กรัม) (สมการที่ 1)

$$Tannin = Absorbance\ no.1 - Absorbance\ no.2 \qquad (1)$$

ปริมาณวิตามินซี (Vitamin C content) ด้วย dye solution ตามวิธีของ AOAC (1991) โดยใช้สารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร เติม acid solution 10 มิลลิลิตร นำไปไทเตรททันทีด้วยสารละลาย standard dye solution จากนั้นคำนวณหาปริมาณวิตามินซี รายงานผลเป็นปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิค ต่อ 100 มิลลิลิตร) (สมการที่ 2)

$$\%Vit\ C\ (mg/100ml) = \frac{[dye\ solution]\ x\ titrate_{sample}\ x\ 100}{10\ ml\ sample} \qquad (2)$$

เมื่อ $$[dye\ solution] = \frac{10\ mg\ ascorbic\ acid}{titrate_{standard\ dye\ solution}}$$

สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) free radical scavenging activity assay ดัดแปลงจากวิธีของ Kim และ Lee (2002) ผสมสารละลายตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร กับสารละลาย $DPPH^{\bullet}$ 2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเติมสารละลาย $DPPH^{\bullet}$ เป็น blank standard และสารละลายตัวอย่างเติมเอทานอลเป็น blank sample จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าร้อยละ $DPPH^{\bullet}$ scavenging activity (สมการที่ 3)

$$\%DPPH^{\bullet}\ \text{scavenging activity} = \frac{[Blank\ standard - (Sample - Blank\ sample)]}{Blank\ standard}\ x\ 100 \qquad (3)$$

สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) ($ABTS^{\bullet +}$) free radical scavenging activity assay ดัดแปลงจากวิธีของ Choi และคณะ (2007) ผสมสารละลายตัวอย่าง 40 ไมโครลิตร กับสารละลาย $ABTS^{\bullet +}$ 4 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 6 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเติมสารละลาย $ABTS^{\bullet +}$ เป็น blank standard และสารละลายตัวอย่างเติมเอทานอลเป็น blank sample จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าร้อยละ $ABTS^{\bullet +}$ scavenging activity (สมการที่ 4)

$$\%ABTS^{\bullet +}\text{scavenging activity} = \frac{[Blank\ standard - (Sample - Blank\ sample)]}{Blank\ standard}\ x\ 100 \qquad (4)$$

วางแผนการทดลองแบบ 2x3x4 Randomized Complete Block Design (RCBD) สำหรับการลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นด้วยเจลาตินและเบนโทไนท์ ส่วนการรมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วางแผนการทดลอง

แบบ 2x2x4 Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม Statistical Analysis System (SAS) (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

น้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสด มีสีเหลืองใสและมีกลิ่นเฉพาะตัว ส่วนน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้นที่ได้จากการระเหยแห้งน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสด มีสีน้ำตาลเข้ม หนืด และมีกลิ่นเฉพาะตัว เมื่อวิเคราะห์ปริมาณของแข็งละลายน้ำ สารประกอบฟีนอลิก แทนนินและวิตามินซี ซึ่งเป็นมาตรฐานบ่งชี้คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ พบว่า น้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสด (9°Brix, 39.40mg/100g, 0.13g/100g และ 233.71mgAA/100g ตามลำดับ) มีคุณภาพสูงกว่าน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้น (72.1°Brix, 20.44mg/100g, 0.81g/100g และ 155.25mgAA/100g ตามลำดับ) โดยน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณวิตามินซีสูงกว่าน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้น เนื่องจากกระบวนการแปรรูปน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้นมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซี เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและวิตามินซีลดลง เนื่องจากเสื่อมสลายได้ง่ายด้วยความร้อน เมื่อวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วย $DPPH^{\bullet}$ และ $ABTS^{\bullet +}$ free radical scavenging activity ของ น้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสด พบว่า มีค่าสูงถึงร้อยละ 95.79 และ 93.44 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้นที่มีค่าเพียงร้อยละ 86.43 และ 81.52 ตามลำดับ

เมื่อศึกษาการลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นด้วยสารช่วยจับโมเลกุลแทนนิน พบว่า ความฝาดของน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นมีค่าลดลงตามปริมาณสารช่วยจับโมเลกุลแทนนินและระยะเวลาที่ใช้ โดยการใช้เจลาตินร้อยละ 0.3 นาน 3 ชั่วโมง สามารถลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นได้สูงสุดถึงร้อยละ 33.33 และ 95.06 ตามลำดับ (Figure 1) เนื่องจาก เจลาตินมีคุณสมบัติของประจุบวก สามารถจับกับสารแขวนลอยที่มีประจุลบ เช่น สารประกอบแทนนินได้เป็นอย่างดี และพบการสูญเสียปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเพียงเล็กน้อย ส่วนการใช้เบนโทไนท์ พบว่า สามารถลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นได้สูงสุดถึงร้อยละ 46.15 และ 40.00 ตามลำดับ เมื่อใช้เบนโทไนท์ร้อยละ 30 นาน 3 ชั่วโมง เนื่องจาก เบนโทไนท์มีสมบัติการพองตัว การแลกเปลี่ยนประจุและมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลสูง ทำให้สามารถดูดซับสารประกอบแทนนินได้ (Figure 2) แต่ทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารสำคัญสูงสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณวิตามินซีที่พบ การสูญเสียมากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งเกิดจากการดูดซับไว้ของโมเลกุลเบนโทไนท์ ส่วนการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 100 สำหรับการลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้น พบว่า สามารถลดความฝาดได้สูงสุดถึงร้อยละ 46.15 และ 36.25 ตามลำดับ เมื่อเขย่านาน 3 ชั่วโมง เนื่องจาก การเขย่าช่วยให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลแทนนินได้ดี ทำให้เกิดการรวมตัวกันของโมเลกุลแทนนินและเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลแทนนินจาก hydrolysable เป็น condensable ส่งผลให้ความฝาดลดต่ำลง (Figure 3) และพบการสูญเสียปริมาณสารสำคัญเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม การใช้ปริมาณสารช่วยจับโมเลกุลแทนนินและระยะเวลาที่มากขึ้น ถึงแม้จะสามารถลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นได้มากขึ้น แต่ก็ทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารสำคัญและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระมากขึ้นเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบ Figure 1-3 พบว่า การใช้เจลาตินสำหรับการลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยการใช้เจลาตินร้อยละ 0.2 นาน 1 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพสำหรับการลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นมากที่สุด และยังคงปริมาณสารสำคัญและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระให้สูญเสียน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เจลาตินร้อยละ 0.3 ที่สามารถลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นได้สูงกว่าเพียงเล็กน้อย แต่สูญเสียปริมาณสารสำคัญและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่า

สรุปผล

การลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นด้วยเจลาตินร้อยละ 0.2 นาน 1 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยสามารถคงลักษณะปรากฏ ปริมาณสารสำคัญและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นไว้ได้มากที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักประสานงานโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (TRF-MAG) โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และ บริษัท เฮอริเทจโกรวเวอร์คอปปอเรชั่น จำกัด ที่ให้การสนับสนุนวัตถุดิบสำหรับงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

พนม เกิดแสง, การปลูกขยายพันธุ์มะม่วงหิมพานต์และการแปรรูป, สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 1-14

AOAC, 2000, Official Method of Analysis of AOAC International, 17th ed. Horwitz, Willium : Association of Offcial Analytical Chemistrs. Inc.

Assuncao, R.B. and Mercadante, A.Z., 2003, Carotenoids and Ascorbic Acid Composition from Commercial Products of Cashew Apple (*Anacardium occidentate* L.), Journal of Food Composition and Analysis, 16: 647-657.

Bastos, D.S., Goncalves, M.P., Andrade, C.T., Araujo, K.G.L. and Leao, M.H.M.R., 2012, Microencapsulation of Cashew Apple (*Anacardium occidentale*, L.) Juice Using a New Chitosan-commercial Bovine Whey Protein Isolate System in Spray Drying, Food and Bioproducts Processing, FBP-311: 101-109.

Brito, E.S., Araujo, M.C.P., Lin, L.Z. and Harnly, J., 2007, Determination of the Flavonoid Components of Cashew Apple (*Anacardium occidentate*) by LC-DAD-ESI/MS, Food Chemistry, 105: 1112-1118.

Campos, D.P.C., Sabino, A.S.S., Wolkoff, D.B.W., Maria, L.M.C.C. and Couri, S., 2002, Cashew Apple Juice Stabilization by Microfiltration, Desalination, 148: 61-65.

Chin, S., Nazimah, S.A.H., Quek, S., Mana, Y.B.C., Rahman, R.A. and Hashim, D.M., 2007, Effect of Thermal Processing and Storage Condition on the Flavour Stability of Spray-dried Durian Powder, Food Science and Technology, 43: 856–861.

Colonna, A.E., Adams, D.O., and Noble, A.C., 2004, Comparison of Procedures for Reducing Astringency Carry-Over Effects in Evaluation of Red Wines, Australian Journal Grape and Wine Research, 10: 26–31.

Costa, J.M.C.D.A., Felipe, É.M.D.E.F., Maia, G.A., Hernandez, F.F.F. and Brasil, I.M., 2009, Production and Characterization of the Cashew Apple (*Anacardiumo ccidentale* L.) and Guava (*Psidium Guajava* L.) Fruit Powders, Journal of Food Processing and Preservation, 33: 299-312.

Jose, C.C., Lilia, C.J., Eduardo, G.H. and Belen, G.V., 2010, Antioxidant Capacity, Phenolic Content and Vitamin C in Pulp, Peel and Seed from 24 Exotic Fruits from Colombia, Food Research International, 44: 2047-2053.

Kim, D.O. and Lee, C.Y., 2002, Extraction and Isolation of Polyphenolics, Current Protocols in Food Analytical Chemistry, R. E., Wrolstad., New York, pp. 1-12.

Manach, C., Mazur, A. and Scalbert, A., 2005, Polyphenols and Prevention of Cardiovascular Diseases, Current Opinion in Lipidology, 16: 77-84.

Queiroz, C., Lopes, M.L.C.M., Fialho, E. and Mesquita, V.L.V., 2011, Changes in Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Fresh-cut Cashew Apple, Food Research International, 44: 1459-1462.

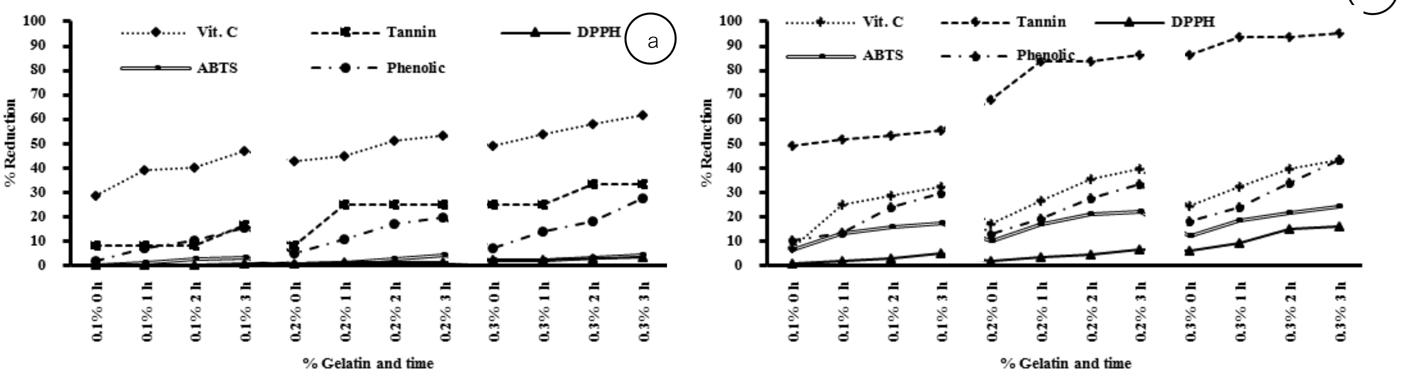


Figure 1 Chemical properties of fresh (a) and concentrated (b) cashew apple juice after reduce tannin content by gelatin

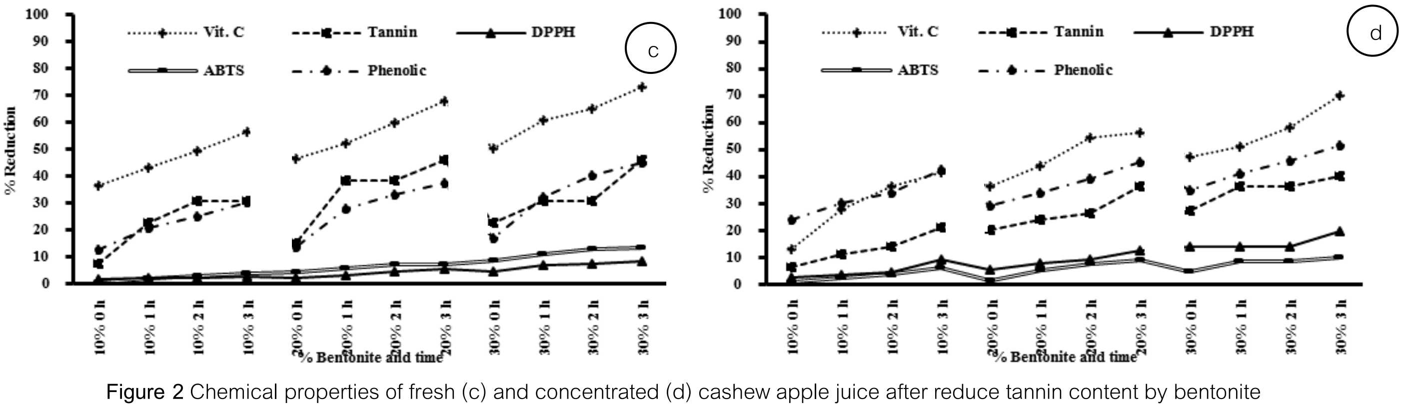


Figure 2 Chemical properties of fresh (c) and concentrated (d) cashew apple juice after reduce tannin content by bentonite

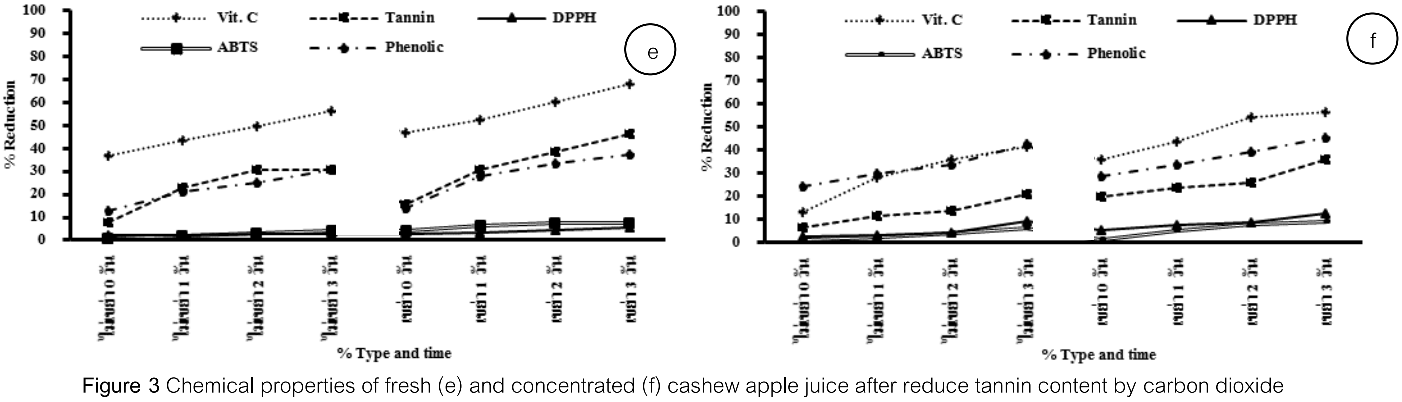


Figure 3 Chemical properties of fresh (e) and concentrated (f) cashew apple juice after reduce tannin content by carbon dioxide

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มะตาด (*Dillenia indica* L.) ด้วย น้ำ GA_3 และ KNO_3

Germination Enhancement of Elephant Apple (*Dillenia indica* L.) Seed by Water, GA_3 and KNO_3

พิจิตรา แก้วสอน[1] สุรศักดิ์ เกษมสิริสวัสดิ์[1] ปริยานุช จุลกะ[1] และ จำนอง โสมกุล[2]

Kaewsorn, P.[1], Kasemsirisawad, S.[1], Chulaka, P[1]. and Somkul, C.[2]

Abstract

The leaf, bark and fruit of Elephant apple (*Dillenia indica* L.) are used as traditional medicine. Ripe fruit is rich in phenolics and antioxidant activity. Seed is the usual method of the propagation but it is often found the problems with delayed germination and non-uniformity. Therefore, the objective of this research was to study the germination enhancement of Elephant apple seed by RO, GA_3 and KNO_3. The experiment was done at laboratory room, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus during November 2012 to February 2013. The experiment was designed in completely randomized design that composed of 9 treatments: 1) untreated seeds (control) 2) soaking seed in reverse osmosis (RO) water for 6 hours 3) soaking seed in RO water for 12 hours 4) incubated seed with moisten paper for 6 hours 5) incubated seed with moisten paper for 12 hours 6) soaking seed in 0.02% GA_3 for 6 hours 7) soaking seed in 0.02% GA_3 for 12 hours 8) soaking seed in 0.2% KNO_3 for 6 hours and 9) soaking seed in 0.2% KNO_3 for 12 hours. The results showed that soaking seed in 0.2% KNO_3 for 12 hours and soaking seed in RO water for 12 hours had tendency highest germination (93%), while the germination of untreated seed was 86%. Moreover, mean germination times (MGT) of soaked seed in RO water for 6 hours and soaked seed in 0.2% KNO_3 for 12 hours were fastest germination (24 and 24.5 days, respectively), while MGT of untreated seed was 25.5 days.

Keywords: Chulta, mean germination time, gibberellic acid, potassium nitrate

บทคัดย่อ

ใบ เปลือกต้น และผลของมะตาด (*Dillenia indica* L.) นำมาใช้เป็นยาแผนโบราณ โดยผลสุกมีปริมาณสารฟีโนลิกและสารต้านอนุมูลอิสระสูง การขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดเป็นวิธีที่ใช้โดยทั่วไป แต่มักพบปัญหาเมล็ดงอกช้าและไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มะตาดโดยน้ำ RO, GA_3 และ KNO_3 ณ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2555 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2556 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 9 ทรีทเมนท์ คือ 1) เมล็ดที่ไม่กระตุ้นการงอก (control) 2) แช่เมล็ดในน้ำ reverse osmosis (RO) นาน 6 ชั่วโมง 3) แช่เมล็ดในน้ำ RO นาน 12 ชั่วโมง 4) ห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้น นาน 6 ชั่วโมง 5) ห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้น นาน 12 ชั่วโมง 6) แช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 0.02 % นาน 6 ชั่วโมง 7) แช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 0.02% นาน 12 ชั่วโมง 8) แช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 0.2% นาน 6 ชั่วโมง และ 9) แช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 0.2% นาน 12 ชั่วโมง พบว่า การแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 0.2% นาน 12 ชั่วโมง และแช่น้ำ RO นาน 12 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้ความงอกสูงที่สุด (93% เท่ากัน) ในขณะที่เมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นความงอก (control) มีความงอกเพียง 86% ส่วนการแช่เมล็ดในน้ำ RO นาน 6 ชั่วโมง และการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 0.2% นาน 12 ชั่วโมง มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด (24 และ 24.5 วัน ตามลำดับ) ในขณะที่เมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นความงอก (control) มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 25.5 วัน

คำสำคัญ: แอปเปิ้ลมอญ เวลาเฉลี่ยในการงอก กรดจิบเบอเรลลิก โพแทสเซียมไนเตรท

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน, สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน, นครปฐม

[2] Tropical Vegetable Research Center, Research and Development Institute at Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom

คำนำ

มะตาด (Chulta หรือ Elephant apple) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Dillenia indica* L. อยู่ในวงศ์ Dilleniaceae เจริญได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย (ชำนาญ, 2548) มะตาดเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่สูง 10 - 20 เมตร ไม่ผลัดใบ ทนแล้งได้ดี ผลสดมะตาด 100 กรัม มีคุณค่าทางโภชนาการโดยให้พลังงาน 30.05 กิโลแคลอรี โปรตีน 1.3 กรัม ไขมัน 1.25 กรัม คาร์โบไฮเดรต 2.8 กรัม และเส้นใย 6.43 กรัม (รัตนา และคณะ, 2551) มะตาดมีสรรพคุณทางยาโดยใบและเปลือกต้นมีรสฝาดต้มดื่มแก้ท้องเสีย สมานแผล ระบายพิษไข้ ผลดิบมีรสเปรี้ยว รับประทานบำรุงร่างกาย แก้ไข้ ระบายท้อง แก้ปวดท้อง ผลสุกรสหวานอมเปรี้ยว รับประทานเป็นยาเย็น ลดไข้ แก้ไอ และขับเสมหะ (ลีนา, 2530) เมล็ดแก่นำมารับประทานสดได้ มีรสชาติมัน เมล็ดมีเมือกลื่นห่อหุ้มใช้บำรุงเส้นผมได้ ปกป้องเส้นผมจากแสงแดดและมลพิษ (ไชยยง, 2555) มะตาดขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด (ชำนาญ, 2548) แต่มักพบปัญหาความงอกค่อนข้างต่ำและใช้ระยะเวลาในการงอกนาน เนื่องจากเมล็ดมีเมือกเหนียวหุ้มอยู่ ซึ่งไม่มีผลต่อการส่งเสริมหรือว่ายับยั้งการงอกของเมล็ด แต่มีผลจำกัดการดูดน้ำของเมล็ด ทำให้เมล็ดงอกช้า เมล็ดมะตาดมีการพักตัวทางสัณฐานวิทยา (morphological dormancy) โดยเมล็ดยังพัฒนาไม่สมบูรณ์เมื่อหล่นจากต้นแม่ ต้องใช้ระยะเวลาให้เมล็ดพัฒนาต่อไปให้เต็มที่จึงจะสามารถงอกได้ (Thapliyal และคณะ, 2008) การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกเพื่อให้เมล็ดพัฒนาการงอกขึ้นมาอยู่ในระดับเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน ซึ่งส่งผลให้เมล็ดมีความงอกที่เพิ่มขึ้น มีการงอกที่สม่ำเสมอ และเมล็ดใช้ระยะเวลาในการงอกสั้นลง (Bewley และ Black, 1982) วิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มีหลายวิธี เช่น การแช่น้ำหรือการห่อด้วยผ้าหรือกระดาษชื้นเป็นระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้เมล็ดงอกได้ดีขึ้น เพราะน้ำช่วยให้เปลือกเมล็ดอ่อนตัว ซึ่งระยะเวลาการแช่น้ำขึ้นอยู่กับชนิดของเมล็ดพืช (สุเทวี, 2545) นงลักษณ์ และคณะ (2554) รายงานการแช่เมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม ‘Seaspray’ ในน้ำ reverse osmosis นาน 24 ชม. หรือการห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้นนาน 24 ชม. ก่อนนำไปเพาะทำให้เมล็ดมีแนวโน้มความงอกที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้มีการใช้สารเคมีกระตุ้นการงอกของเมล็ด เช่น โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) แทนน้ำในการเพาะเมล็ด นิยมใช้ทำลายการพักตัวของเมล็ดที่เปลือกเมล็ดไม่ยอมให้อากาศผ่าน โดยใช้ ความเข้มข้น 0.2% แทนน้ำในการเพาะเมล็ด (สุเทวี, 2545) Amjad และคณะ (2007) กระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกด้วยสารละลาย KNO_3 3% สามารถเพิ่มความงอกและลดระยะเวลาในการงอกได้ นอกจากนี้มีการใช้สารละลายกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) ในการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ (วันชัย, 2553) การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกหยวกในสารละลาย GA_3 0.015% มีแนวโน้มทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนสูงสุดและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด (นิติภูมิ และคณะ, 2554) อย่างไรก็ตามวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มะตาดเพื่อทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอยังไม่มีรายงาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระตุ้นความงอกเมล็ดพันธุ์มะตาดด้วยน้ำ สารละลาย KNO_3 และ GA_3 ให้งอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์มะตาด

นำเมล็ดพันธุ์มะตาดจากศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มาแบ่งเป็น 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด บันทึกน้ำหนักเมล็ดเริ่มต้น จากนั้นนำเมล็ดไปแช่ในน้ำ Reverse Osmosis (RO) บันทึกน้ำหนักของเมล็ดที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 ชม. เป็นเวลา 6 ชม. โดยการที่นำเมล็ดออกมาจากน้ำแล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษหลังจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักทันที เมื่อชั่งน้ำหนักเมล็ดเสร็จให้รีบนำไปแช่ในน้ำต่อทันที น้ำหนักของเมล็ดที่เพิ่มขึ้น คือ ปริมาณของน้ำที่เมล็ดดูดเข้าไป นำข้อมูลมาคำนวณปริมาณน้ำในเมล็ดเป็น % ดังนี้

$$W = \frac{(W_i - W_0) \times 100}{W_0}$$

โดย W = ปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดเข้าไปหลังจาก i ชม. (%), W_i = น้ำหนักเมล็ดหลังจากดูดน้ำ i ชม. (กรัม), W_0 = น้ำหนักเริ่มแรกของเมล็ดก่อนดูดน้ำ (กรัม)

2. การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มะตาด

นำเมล็ดพันธุ์มะตาดมาศึกษาการกระตุ้นความงอก โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 9 ทรีทเมนต์ คือ (1) เมล็ดที่ไม่กระตุ้นการงอก (control) (2-3) แช่ในน้ำ Reverse osmosis (RO) นาน 6 และ 12 ชม. (4-5) ห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้น นาน 6 และ 12 ชม. (6-7) แช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 0.02% นาน 6 และ 12 ชม. (8-9) แช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 0.2% นาน 6 และ 12 ชม. จากนั้นนำเมล็ดมาทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการเพาะทราย จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำ

ละ 50 เมล็ด แล้วนำไปไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 44 วันหลังเพาะเมล็ด บันทึกข้อมูล ได้แก่ ความงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT) (Ellis และ Roberts, 1980)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์มะตาด

เมล็ดพันธุ์มะตาดมีการดูดน้ำ RO อย่างรวดเร็วในช่วงชั่วโมงแรก โดยมีปริมาณน้ำในเมล็ด 25.49% (Figure 1) ซึ่งระยะนี้เป็นระยะที่มีการจัดเรียงตัวของเยื่อหุ้มเซลล์และซ่อมแซมเยื่อของอวัยวะต่าง ๆ ภายในเมล็ด (วันชัย, 2553) หลังจากนั้นเมล็ดจะดูดน้ำอย่างช้า ๆ โดยชั่วโมงที่ 2 - 4 มีปริมาณน้ำในเมล็ด 31.33 - 33.62% จนถึงระยะอิ่มตัวที่ 5-6 ชม. (35.54 - 36.26%) (Figure 1) เมล็ดจะเริ่มเข้าสู่ระยะงัน (lag phase) ซึ่งเป็นระยะที่มีเมแทบอลิซึมเกิดขึ้น การดูดน้ำจะเป็นไปอย่างช้า ๆ และเอนไซม์มีกิจกรรมต่างๆ สูงขึ้น ซึ่งหากให้เมล็ดดูดน้ำต่อไป เมล็ดจะสามารถงอกได้ โดยทั่วไปเมล็ดสามารถงอกได้เมื่อมีความชื้น 30 – 60 % ซึ่งช่วงเวลาของการดูดน้ำแต่ละระยะจะขึ้นอยู่กับชนิดพืช ชนิดของวัสดุเพาะ ความสามารถในการซึมน้ำของเปลือกเมล็ด ขนาดเมล็ด การดูดใช้ออกซิเจน อุณหภูมิ และความเข้มข้นของน้ำ (วันชัย, 2553)

2. การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มะตาด

การแช่เมล็ดในน้ำ RO นาน 12 ชม. และแช่ในสารละลาย KNO_3 0.2% นาน 12 ชม. มีแนวโน้มความงอกสูงที่สุด คือ 93.0 %เท่ากัน (Table 1) ไม่แตกต่างกับการแช่เมล็ดในน้ำ RO นาน 6 ชม. การห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้นนาน 12 ชม. เมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) การห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้นนาน 6 ชม. และการแช่เมล็ดใน GA_3 0.02% นาน 6 ชม. มีความงอก 77.5 - 91.0 % แสดงว่าน้ำและสารละลาย KNO_3 ช่วยทำให้เมล็ดงอกได้เพิ่มขึ้น โดยน้ำช่วยเพิ่มอัตราเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ภายในเมล็ดที่มีผลต่อการงอก (Copeland และ McDonald, 1995) และ KNO_3 ช่วยกระตุ้นให้เมล็ดมีการดูดซึมออกซิเจนได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด เพราะว่าเมล็ดต้องการออกซิเจนในการหายใจในกระบวนการพัฒนาเมล็ด (Hilton และ Thomas, 1986) ส่วนการแช่เมล็ดมะตาดในสารละลาย GA_3 0.02% นาน 12 ชม. มีความงอกต่ำที่สุด คือ 66.0 % ไม่แตกต่างกับการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 0.2% นาน 6 ชม. และแช่เมล็ดใน GA_3 0.02% นาน 6 ชม. มีความงอก 77.0 และ 77.5% ตามลำดับ อาจเป็นเพราะความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 หรือระยะเวลาในการแช่เมล็ดในสารละลายยังไม่เหมาะสม อาจมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด หรือเกิดต้นอ่อนผิดปกติ โดยมีลักษณะรากกุด ลำต้นม้วนงอ เปลือกเมล็ดไม่หลุดจากใบเลี้ยง และต้นอ่อนเน่า เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์มะตาดที่แช่ในน้ำ RO นาน 6 ชม. และการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 0.2% นาน 12 ชม. มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 24 และ 24.5 วันตามลำดับ (Table 1) แตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีเวลาเฉลี่ยในการงอก คือ 25.5 วัน แสดงว่าน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 มีผลทำให้เมล็ดสามารถงอกได้เร็วขึ้น อาจเป็นเพราะ KNO_3 แตกตัวให้ออกซิเจนแก่เมล็ด ซึ่งออกซิเจนจะช่วยทำให้เมล็ดมีการหายใจมากขึ้น จึงมีผลให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น (วันชัย, 2553) และน้ำจะช่วยเพิ่มอัตราเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ภายในเมล็ดที่มีผลต่อการงอก (Copeland and McDonald, 1995) ส่วนการห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้นนาน 6 ชม.มีแนวโน้มทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกนานที่สุด คือ 26 วัน ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) อาจเป็นเพราะระยะเวลาในการห่อเมล็ดด้วยกระดาษชื้นสั้นเกินไป อาจทำให้เมล็ดยังได้รับการกระตุ้นไม่เพียงพอ หากเพิ่มระยะเวลาการห่อกระดาษชื้นจาก 6 เป็น 12 ชม. พบว่าทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น 1 วัน (Table 1)

สรุปผล

การแช่เมล็ดพันธุ์มะตาดในน้ำ RO นาน 6 ชม. และการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 0.2% นาน 12 ชม. สามารถกระตุ้นการงอกได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นความงอก (control) 1 วัน และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด (24.0 และ 24.5 วันตามลำดับ) และมีความงอกสูงที่สุด (91 และ 93% ตามลำดับ)

เอกสารอ้างอิง

ชำนาญ ทองเกียรติกุล, 2548, มะตาดหรือแอปเปิ้ลมอญ ต้นไม้อนุรักษ์ของคนรามัญ, วารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน, 18(369): 38.

ไชยยง รุจจนเวช, 2555, เมล็ดมะตาดบำรุงเส้นผม [สืบค้น], http://www.bangkokbiznews.com [2/ July/ 13]

นงลักษณ์ เพียเทพ, พิจิตรา แก้วสอน, ปริยานุช จุลกะ และปาริชาติ พรมโชติ, 2554, การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์หญ้าสนาม ‘Seaspray’ ด้วยวิธี Seed priming, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2)(พิเศษ): 521-524.

นิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์, พิจิตรา แก้วสอน และปริยานุช จุลกะ, 2554, ผลของการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกด้วยวิธี Osmopriming, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2)(พิเศษ): 549-552.

รัตนา เฉลิมกลิ่น, ปราณี ปิ่นเงิน, ผานิตดา อัจฉริยนนท์ และพัฒนพงศ์ จินดามงคล, 2551, การศึกษาประโยชน์ของไม้พื้นบ้านเกาะเกร็ด มะตาด, วารสารจันทรเกษมสาร, 26: 99-108.

ลีนา ผู้พัฒนพงศ์, 2530, สมุนไพรไทยตอนที่ 5, ฝ่ายพฤกษศาสตร์ป่าไม้ กองบำรุง กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ, [สืบค้น], http://eherb.hrdi.or.th/search_result_details.php?herbarium [10/ July/ 13].

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553, สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุเทวี ศุขปราการ, 2545, การทดสอบเมล็ดพันธุ์พืชสวน, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Amjad, M., Ziaf, K., Iqbal, Q., Ahmad, I., Riaz, M.A. and Saqib, Z.A., 2007, Effect of Seed Priming on Seed Vigour and Salt Tolerance in Hot Pepper, Journal of Agricultural Science, 44(3): 408-416.

Bewley, J.D. and Black, M., 1982, Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination in Two Volumes-Viability, Dormancy, and Environmental Control, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.

Copeland, L.O. and McDonald, M.B., 1995, Principles of Seed Science and Technology, Chapman & Hill, New York.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H., 1980, Improved Equations for the Prediction of Seed longevity, Annals of Botany, 45: 13-30.

Hilton, J.R. and Thomas, J.A., 1986, Regulation of Pregerminative Rates of Respiration in Seeds of Various Weed Species by Potassium Nitrate, Journal of Experimental Botany, 37: 1516-1524.

Thapliyal, R.C.A., Phartyal, S.S., Baskin, J.M., Baskin, C.C., Carol, C. and Baskin, C.D., 2008, Role of Mucilage in Germination of Dillenia indica (Dilleniaceae) Seeds, Australian Journal of Botany, 56(7): 583–589.

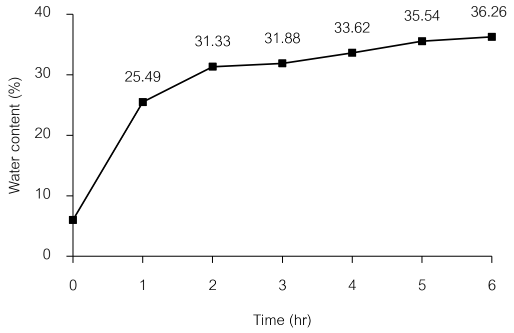


Figure 1 Imbibition of Elephant apple seeds for 6 hours

Table 1 Germination and mean germination time (MGT) of Elephant apple seeds by different methods

Treatment	Germination (%)	MGT (day)
1. Untreated seed (control)	86.0 ab	25.5 ab
2. Soaking seed in RO water for 6 hr	91.0 ab	24.0 d
3. Soaking seed in RO water for 12 hr	93.0 a	25.0 bc
4. Incubated seed with moisten paper for 6 hr	80.0 abc	26.0 a
5. Incubated seed with moisten paper for 12 hr	88.5 ab	25.0 bc
6. Soaking seed in 0.02% GA_3 for 6 hr	77.5 abc	25.0 bc
7. Soaking seed in 0.02% GA_3 for 12 hr	66.0 c	25.0 bc
8. Soaking seed in 0.2% KNO_3 for 6 hr	77.0 bc	25.2 b
9. Soaking seed in 0.2% KNO_3 for 12 hr	93.0 a	24.5 cd
F-test	*	*
C.V. (%)	11.28	1.68

[1/] Mean in the same column followed by the same letter are not significant at $p \leq 0.05$ by DMRT

ผลของการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟต่อการกระจายของอุณหภูมิภายในมันฝรั่ง

Effect of Microwave Heating on Temperature Distribution in Potato (*Solanum tuberosum* cv. atlantic)

คณวัฒน์ เสนแก้ว[1] ดามร บัณฑุรัตน์[2] วิบูลย์ ช่างเรือ[2] และ พิชญา บุญประสม พูลลาภ[3]

Senkaew, K.[1], Bunturat, D.[2], Changrue, V.[2] and Phoonlarb, P.B.[3]

Abstract

This research focuses on the effect of microwave heating upon temperature distribution in potatoes.Optimize time and power inhibiting in the reaction in potatoes were studied. Freshpotatoes (*Solanum tuberosum* cv. atlantic) with initial moisture content of 76.04% wet basis (%w.b.) and sliced potatoes size 2×2×3 cm. were selected as the testing materials. In fresh potatoes, the three factors were studied as heating time (30, 60, 90 and 180 second), placing position (vertical and horizontal) and power of microwave (300, 600 and 800 watt). The result showed that, center temperature of vertical (76.28±0.92°C) was higher than horizontal (73.05±2.43°C). The optimized power and time were 800 watt and 90 second, respectively. In sliced potatoes (size 2×2×3 cm.) at 800 watt was evaluated internal temperature at 0, 1, 2 and 3 cm. from peel. The two main factors was studied as heating time (30, 60, 90 and 180 second) and degrees of setting (10-360 degree with plane). The result showed that the temperature tendency increasing at the angle in quadrant 1 and 4 and decreasing in the quadrant 2 and 3. The optimum time was 90 sec. The maximun temperature angles were 10°and 350° with plane (80.63±5.92°C and 81.47±0.40°C) and minimum temperature angle was 180° with plane (59.70±0.72°C). Predicting equation of temperature inside potatoes provided $0.32X^2-6.70X+78.32$ (10°-180°) and $0.16X^2+3.52X+49.67$ (190°-360°).

Keywords: potato, microwave heating, temperature distribution

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายทดสอบการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟพร้อมทั้งหารูปแบบการกระจายอุณหภูมิในมันฝรั่ง เพื่อให้ทราบเวลาและกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมในการยับยั้งปฏิกิริยาในมันฝรั่งใช้มันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก (*Solanum tuberosum* cv. atlantic) ความชื้นเริ่มต้น 76.04%w.b.ทดลองกับมันฝรั่งทั้งหัวและมันฝรั่งตัดแต่งขนาด 2×2×3 ซม. กรณีมันฝรั่งทั้งหัวศึกษาปัจจัย 3 ชนิด คือ เวลาให้ความร้อน (30, 60, 90 และ 180 วินาที) มุมวาง (แนวตั้ง, แนวนอน) และกำลังไฟฟ้า (300, 600 และ 800 วัตต์) พบว่าการวางหัวมันฝรั่งแนวตั้งมีอุณหภูมิที่จุดศูนย์กลาง (76.28±0.92°C) สูงกว่าในแนวนอน (73.05±2.43°C) กำลังไฟฟ้าและเวลาที่เหมาะสม คือ 800 วัตต์ 90 วินาที ตามลำดับกรณีมันฝรั่งตัดแต่งขนาด 2×2×3ซม. ทดลองที่กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ หาอุณหภูมิภายในที่ระยะ 0, 1, 2 และ 3 ซม.จากเปลือก ทำการศึกษาจาก 2 ปัจจัย คือ เวลาให้ความร้อน (30, 60, 90 และ 180 วินาที) และมุมวาง (10-360 องศากับแนวระดับ) พบว่าอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในมุมที่อยู่ในควอแดรนที่ 1 และ 4 และมีแนวโน้มลดลงในมุมที่อยู่ในควอแดรนที่ 2 และ 3 ระยะเวลาให้ความร้อนที่เหมาะสมคือ 90 วินาที มุมที่มีอุณหภูมิสูงสุดคือ มุม 10 และ 350 องศากับแนวระดับ (80.63±5.92°C และ 81.47±0.40°C) มุมที่มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ มุม 180 องศากับแนวระดับ (59.70±0.72°C)ได้สมการทำนายอุณหภูมิภายในมันฝรั่ง คือ $0.32X^2-6.70X+78.32$ (10°-180°) และ $0.16X^2+3.52X+49.67$ (190°-360°)

คำสำคัญ: มันฝรั่ง การให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ การกระจายอุณหภูมิ

[1] **สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200**

[1] Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

[2] **ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200**

[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

[3] **ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100**

[3] Department of Food Engineering, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100

คำนำ

ปัญหาการเกิดสีที่ไม่ต้องการในกระบวนการแปรรูปมันฝรั่งเป็นมันฝรั่งทอดกรอบ คือ การเกิดสีที่ไม่ต้องการ (unwanted color) ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากน้ำตาลรีดิวซิ่ง (reducing sugar)ได้รับความร้อนที่สูงจะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (Non enzymetic browning reaction) ซึ่งการเกิดน้ำตาลรีดิวซิ่งนี้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติภายในเซลล์ระหว่างเก็บรักษามันฝรั่ง โดยจะเกิดการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลซูโครสโดยเอนไซม์อะไมเลส (amylase) แล้วเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสโดยเอนไซม์อินเวอร์เทส(invertase) เพื่อใช้ในกิจกรรมภายในเซลล์ พบว่าความร้อนสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ Cano และคณะ (1990) ได้ทำการเปรียบเทียบผลของการลวกด้วยไมโครเวฟ (650 W) เป็นเวลา 2 นาที และการลวกโดยใช้น้ำเดือด (boiling water) เป็นเวลา 11 นาทีกับกล้วยแผ่น (Banana slices) พบว่าวิธีการลวกด้วยไมโครเวฟสามารถลดปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) และเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (PO) ลง 65-75% จากการศึกษาของ Severini และคณะ (2003) ทำการลวกแผ่นมันฝรั่งสด (potato slices) ด้วยสารละลายร้อนพบว่าสารละลายร้อนทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ Tijkens และคณะ (1997) ได้ทำการทดลองให้ความร้อนด้วยการลวกด้วยน้ำร้อนกับพืช 3 ชนิด คือ ท้อ แครอท และ มันฝรั่ง พบว่าสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสได้ 96.4, 94.5 และ 70.0% ตามลำดับจะเห็นได้ว่าการใช้ความร้อนทำให้ลดการทำงานของเอนไซม์ลงได้ แต่รูปแบบการให้ความร้อนที่อาศัยตัวกลางนำความร้อน เช่น น้ำ จะทำให้มันฝรั่งเละไม่สามารถนำไปแปรรูปได้ ดังนั้นการใช้คลื่นไมโครเวฟจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาขั้นต้นได้แต่อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาในเรื่องของระยะเวลาการให้ความร้อน รูปแบบของมันฝรั่ง และวิธีการจัดเรียงมันฝรั่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ผลของลักษณะแนวการวางต่ออุณหภูมิภายในมันฝรั่ง

ทำได้โดยวางมันฝรั่งทั้งหัวในแนวนอนใช้กำลังไฟฟ้า 300, 600 และ 800 วัตต์ ระยะเวลาให้ความร้อน 30, 60, 90 และ 180 วินาที ตามลำดับวัดอุณหภูมิภายในโดยการผ่านครึ่งผลแล้วถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal camera) เปลี่ยนแนวการวางเป็นวางในแนวตั้ง ใช้กำลังไฟฟ้า ระยะเวลาให้ความร้อน และวิธีวัดอุณหภูมิเหมือนดังการวางในแนวนอน นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิภายในระหว่างการวางในแนวนอนและแนวตั้ง

2. ผลของมุมการวางต่ออุณหภูมิภายในของมันฝรั่ง

ทำได้โดยใช้มันฝรั่งตัดแต่งขนาด 2×2×3 ซม.ให้มีเปลือกติดมาด้วยใช้อะลูมิเนียมฟอยล์หุ้มทุกด้านยกเว้นส่วนเปลือกนำไปวางในเตาไมโครเวฟในมุมต่าง ๆโดยเริ่มจากมุม 10 องศากับแนวระดับ วัดมุมโดยใช้เครื่องวัดมุมกอง (Angleofrepose) ใช้กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ระยะเวลาให้ความร้อน 30, 60, 90 และ 180 วินาที ตามลำดับ วัดอุณหภูมิภายในที่ระยะ 0, 1, 2 และ 3 เซนติเมตร จากเปลือก โดยผ่านครึ่งแล้วใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนถ่าย เปลี่ยนมุมวางโดยเพิ่มทีละ 10 องศา โดยทำการทดลองตามเดิมจนครบ 360 องศานำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณเป็นสมการทำนายอุณหภูมิภายในของมันฝรั่งโดยใช้ระเบียบวิธีทางตัวเลข (Numerical method)

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 มันฝรั่งที่วางในแนวตั้งทุกเวลาให้ความร้อนจะมีอุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางสูงกว่ามันฝรั่งที่วางในแนวนอนส่งผลให้อุณหภูมิภายในเฉลี่ยสูงกว่าตามไปด้วย Figure 1 และ Figure 2

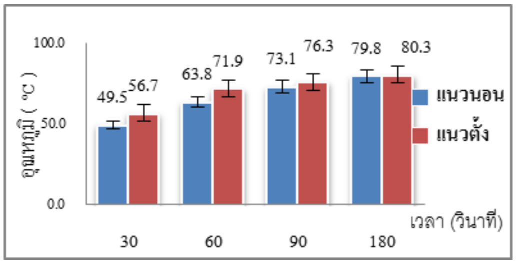


Figure 1 Showed the bar chart compared internal temp.at center of potatoes between horizontal and vertical at 800 watt.

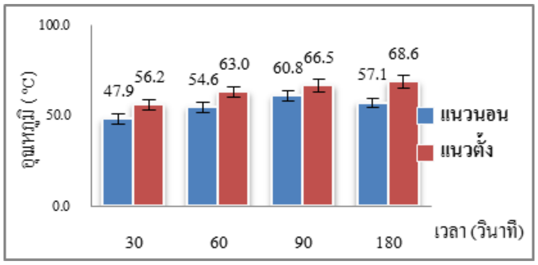


Figure 2 Showed the bar chart compared average internal temp. of potatoes between horizontal and vertical at 800 watt.

เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางของมันฝรั่งที่วางในแนวตั้งมีความแตกต่างกับอุณหภูมิจุดศูนย์กลางของมันฝรั่งที่วางในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Table 1)

Table 1 Showed the temperature at center of potatoes were placed horizontal (T_h) and vertical (T_v) at 800 watt, time 30, 60, 90 and 180 seconds, respectively.

Temp.	30 วินาที	60 วินาที	90 วินาที	180 วินาที
T_h	$49.533^a \pm 2.947$	$63.800^a \pm 6.822$	$73.050^a \pm 2.426$	$79.800^a \pm 3.505$
T_v	$56.717^b \pm 0.624$	$71.883^b \pm 2.395$	$76.283^b \pm 0.924$	$80.283^a \pm 2.743$

หมายเหตุ: - ตัวเลขที่แสดงในตารางคือ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.05) เมื่อทดสอบด้วยวิธี pairtest

กำลังไฟฟ้าและเวลาในการให้ความร้อนที่เหมาะสม คือ 800 วัตต์ 90 วินาที ตามลำดับ ในการทดลองที่ 2 พบว่าจะเกิดความร้อนบริเวณเปลือกซึ่งไม่ได้ห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์และลึกเข้ามาในเนื้อเป็นระยะทางประมาณ 1.50 ซม. (Figure 3 และ Figure 4)

Figure 3 Showed the photo at 800 watt, 0 cm. (peel) from thermal camera

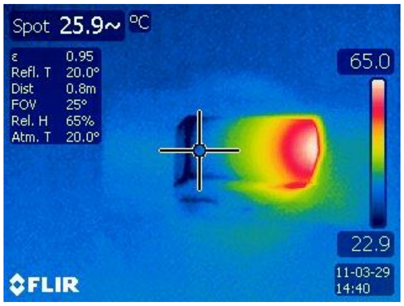


Figure 4 Showed the photo at 800 watt, 3 cm. from thermal camera

นอกจากนี้แนวโน้มของอุณหภูมิภายในมันฝรั่งตัดแต่งขนาด 2×2×3ซม. เพิ่มสูงขึ้นในควอดแดรนที่ 1 และ 4 ส่วนในควอดแดรนที่ 2 และ 3 จะมีแนวโน้มลดลง ดังแสดงใน Figure 5 มุมที่มีอุณหภูมิภายในสูงที่สุด คือ มุม 10 และ 350 องศากับแนวระดับ (80.63± 5.92°C และ 81.47±0.40°C) ตามลำดับ ส่วนมุมที่มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ มุม 180 องศากับแนวระดับ (59.70±0.72°C) เวลาให้ ความร้อนที่เหมาะสม คือ 90 วินาที ได้สมการทำนายอุณหภูมิภายในมันฝรั่ง คือ $0.32X^2$-6.70X+78.32 (10-180 องศากับแนวระดับ) และ $0.16X^2$+3.52X+49.67 (190-360 องศากับแนวระดับ)

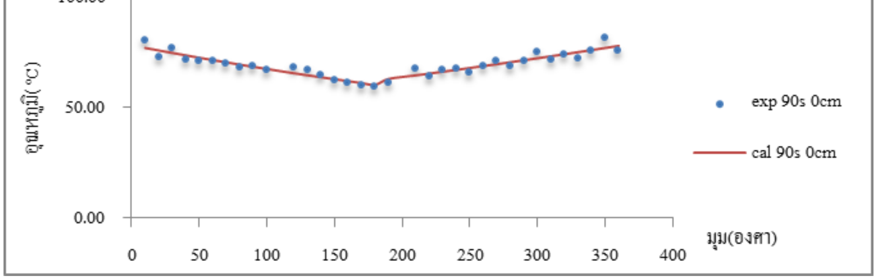


Figure 5 Showed the comparison of internal temperature in fresh-cut potato size 2×2×3 cm. between the experimental and calculation at 90 seconds and 800 watts of microwave power.

วิจารณ์ผล

จากการทดสอบลักษณะการวางหัวมันฝรั่งต่ออุณหภูมิภายในหัว พบว่าการใช้กำลังไฟฟ้าทุกระดับและในระยะเวลาต่างๆ กัน ให้ความร้อนยกเว้นที่ 180 วินาทีการวางหัวมันฝรั่งในแนวตั้งจะมีอุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางสูงกว่าการวางในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่งผลให้มีอุณหภูมิภายในสูงกว่าตามไปด้วย ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากอุณหภูมิภายในที่จุดใด ๆ ขึ้นอยู่ กับการทำปฏิสัมพันธ์ของคลื่นกับโมเลกุลมีขั้วภายในเซลล์บริเวณใดที่มีโมเลกุลมีขั้วอยู่หนาแน่นกว่าก็จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าตามไปด้วย ซึ่งในมันฝรั่งจุดที่มีจำนวนโมเลกุลมีขั้วหนาแน่นที่สุดก็คือจุดศูนย์กลางผลการวางหัวมันฝรั่งในแนวตั้งระยะทางจากเปลือก ถึงจุดศูนย์กลางสั้นกว่าการวางในแนวนอน คลื่นที่ตกกระทบผิวในแนวตั้งจะเกิดการหักเหของคลื่นเข้าสู่จุดศูนย์กลางในระยะทางที่ใกล้กว่าแนวนอนจึงทำให้พลังงานที่สูญเสียเนื่องจากระยะทางมีน้อยกว่าจึงมีพลังงานคลื่นมากกว่า Varith และคณะ (2007) ส่วนการให้ความร้อนแก่มันฝรั่งตัดแต่งขนาด 2×2×3 ซม.เป็นการควบคุมไม่ให้รูปร่างของมันฝรั่งส่งผลต่ออุณหภูมิภายในโดยการจำกัดพื้นที่ตกกระทบของคลื่นให้มีขนาดเท่ากัน (4 ตร.ซม.)โดยจะเกิดความร้อนขึ้นบริเวณเปลือกและลึกจากเปลือกเข้ามาประมาณ 1.50 ซม.แสดงให้เห็นว่าในการทดลองคลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุทะลวงได้เป็นระยะทางไม่เกิน 1.50 ซม.พบว่ามุมวางที่หันหน้าเข้าหาทิศทางเดินของคลื่น (ควอดแดรนที่ 1 และ 4) จะมีอุณหภูมิสูงกว่ามุมวางที่หันหน้าออกจากทิศทางเดินของคลื่น (ควอดแดรนที่ 2 และ 3) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทิศทางการเกิดปฏิสัมพันธ์มีผลต่ออุณหภูมิภายในของมันฝรั่ง

สรุปผล

การวางหัวมันฝรั่งในแนวตั้งจะมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าการวางในแนวนอน (แนวตั้ง 76.28±0.92°C และแนวนอน 73.05 ±2.43°C) กำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมคือ 800 วัตต์เวลาที่เหมาะสมคือ 90 วินาที มันฝรั่งตัดแต่งขนาด 2×2×3 ซม. เวลาที่เหมาะสม คือ 90 วินาที อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในควอแดรนที่ 1 และ 4 และลดลงในควอแดรนที่ 2 และ 3 มุมที่มีอุณหภูมิสูงสุดคือ มุม 10 และ 350 องศากับแนวระดับ (80.63±5.92°C และ 81.47±0.40°C) มุมที่มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ มุม 180 องศากับแนวระดับ (59.70±0.72°C) ได้สมการทำนายอุณหภูมิภายในมันฝรั่งคือ $0.32X^2$-6.70X+78.32 (10-180 องศา และ $0.16X^2$+3.52X+49.67 (190-360 องศา)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาที่สนับสนุนทุนและอุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Cano, P., Marin, M.A. and Fuster, C.,1990, Method for Blanching of Part Cooking Vegetable Material, Journal of Food Engineering, 52: 25-30.

Pandit, R.B. and Prasad, S., 2003, Finite Element Analysis of Microwave Heating of Potato Transient Temperature Profiles, Journal of Food Engineering, 60: 193-202.

Severini, C., Baiano, A., De Pilli, T., Romaniello, R. and Deross,i A., 2003, Prevention of Enzymatic Browning in Sliced Potatoes by Blanching in Boiling Saline Solutions, Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 36: 657–665.

Tijskens, L.M.M., Rodis, P.S., Hertog, M.L.A.T.M., Waldron, K.W., Ingham L.N., Proxenia and, C. and Van, D., 1997, Activity of Peroxidase During Blanching of Peaches, Carrots and Potatoes, Journal of Food Engineering, 34: 355-370.

Varith, J., Sirikajornjaru, W. and Kiatsiriroat, T., 2007, Microwave-vapor Heat Disinfestation on Oriental Fruit Fly Eggs in Mangoes, InternationalJournal of Life Cycle Assessment, 3(3): 253-269.

การศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวน

The Study of Brown Rice Flour to Wheat Flour Ratio on Product Acceptance of Gleb-Lum-Duan

นันท์ชนก นันทะไชย[1] สุกัญญา มะหะหมัด[1] และ ขนิษฐา จงสุขกลาง[1]
Nanthachai, N.[1], Mahamad, S.[1] and Chongsukklang, K.[1]

Abstract

A study of the optimum ratio of brown rice flour and wheat flour for making Gleb-Lum-Duan, the ratio of brown rice flour to wheat flour as 0:100, 10:90, 20:80, 30:70 and 40:60 (by weight) were used. The results showed that L* value of Gleb-Lum-Duan significantly decreased ($p \leq 0.05$) as the amount of brown rice flour in the products increased, whereas, a* and b* values increased significantly ($p \leq 0.05$). Hardness value of Gleb-Lum-Duan also significantly increased ($p \leq 0.05$) according to the increased amount of brown rice flour. Hardness value of the product with ratio of brown rice flour to wheat flour at 30:70 and 40:60 were 21.14 and 21.73 N respectively, while the control had hardness value was only 4.69 N. Preference testing: 9 – Point Hedonic Scaling of Gleb-Lum-Duan found that color score of the products decreased significantly ($p \leq 0.05$), when brown rice flour to wheat flour ratio increased, whereas, odor score significantly increased ($p \leq 0.05$). There was not significant ($p > 0.05$) difference in taste, texture and general acceptability of the products. Gleb-Lum-Duan with brown rice flour to wheat flour in ratio of 10:90 was used for consumer testing. The results showed that rating scores for color, odor, taste, texture and general acceptability were 6.89, 7.01, 7.52, 7.11 and 7.51 respectively. And 90 percent of consumers accepted this product.

Keywords: wheat flour, brown rice flour, Gleb-Lum-Duan

บทคัดย่อ

การศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีที่เหมาะสมในการทำขนมกลีบลำดวน โดยใช้แป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีในอัตราส่วน 0:100, 10:90, 20:80, 30:70 และ 40:60 (โดยน้ำหนัก) ผลการศึกษาพบว่า ค่า L* ของขนมกลีบลำดวนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณแป้งข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า a* และ b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ค่าความแข็งของขนมกลีบลำดวนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตามปริมาณการใช้แป้งข้าวกล้องในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น โดยค่าความแข็งของขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีในอัตราส่วน 30:70 และ 40:60 มีค่า 21.14 และ 21.73 N ตามลำดับ ในขณะที่สูตรควบคุมมีค่าความแข็งเพียง 4.69 N จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการประเมินความชอบแบบ 9 – Point Hedonic Scaling พบว่า คะแนนความชอบด้านสีของขนมกลีบลำดวนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้อัตราส่วนแป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีเพิ่มขึ้น ในขณะที่คะแนนความชอบด้านกลิ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สำหรับความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) เมื่อนำขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีในอัตราส่วน 10:90 มาทดสอบความชอบของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเท่ากับ 6.89, 7.01, 7.52, 7.11 และ 7.51 ตามลำดับ และผู้บริโภคร้อยละ 90 ให้การยอมรับขนมกลีบลำดวนนี้

คำสำคัญ: แป้งสาลี แป้งข้าวกล้อง ขนมกลีบลำดวน

คำนำ

ขนมกลีบลำดวน เป็นขนมไทยโบราณ มีรูปร่างและสีสันคล้ายกลีบดอกลำดวน ลักษณะของขนมคือ แป้งกรอบร่วน ไม่กระด้าง รสหวานมัน และมีกลิ่นหอม ขนมกลีบลำดวนมีส่วนผสมประกอบด้วย แป้งสาลี น้ำตาล น้ำมัน เป็นส่วนใหญ่

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2 พหลโยธิน 87 ซอย 2 ประชาธิปัตย์ ธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2 Phaholyothin 87 Soi 2, Prachathaipat, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

แป้งสาลีคือแป้งผงละเอียดสีขาว ได้จากการโม่ข้าวสาลีแล้วร่อนแยกคัพภะและรำออกจากแป้ง ถือเป็นวัตถุดิบสำคัญที่ช่วยให้เกิดโครงร่างของผลิตภัณฑ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปเมื่อสุกแล้ว (อรอนงค์, 2540) แต่เนื่องจากแป้งสาลีเป็นวัตถุดิบที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ จึงมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แป้งชนิดอื่นที่ผลิตในประเทศทดแทนบางส่วนของ แป้งสาลี เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง และแป้งถั่วต่างๆ เป็นต้น Greene และ Bovell-Benjamin (2004) ศึกษาการนำแป้งมันเทศมาเสริมในขนมปังโฮลวีท พบว่าเบต้าแคโรทีนในขนมปังเพิ่มขึ้น

แป้งข้าวกล้องสามารถนำมาแปรรูปเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ และแป้งสำหรับประกอบอาหารประเภทต่าง ๆ เช่นเดียวกับแป้งจากข้าวขาว แต่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูงกว่า มีการศึกษาการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ซาลาเปา (ชุติมา, 2547) โรตี (ณัฐวดี, 2553) และคุกกี้สิงคโปร์ (อภิญญา, 2553) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้แป้งข้าวกล้องในขนมไทยด้วยเช่นกัน จันทร์จิรา (2554) พบว่าสามารถใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วน 10:90 ในการทำผลิตภัณฑ์ลอดช่อง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำแป้งข้าวกล้องมาทดแทนแป้งสาลีในขนมกลีบลำดวน เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีในขนมกลีบลำดวน และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์นี้

อุปกรณ์และวิธีการ

ส่วนผสมสำหรับทำขนมกลีบลำดวน ได้แก่ แป้งสาลีเอนกประสงค์ (ตราว่าว) แป้งข้าวกล้อง (ตราลูกเต๋า) น้ำตาลไอซิ่ง และน้ำมันพืช สำหรับวิธีการทำขนมกลีบลำดวน ดัดแปลงจากวิธีการขอกลุ่มแม่บ้านตำบลบางโพธิ์เหนือ (2543) ดังนี้ ร่อนแป้ง 2-3 ครั้ง จากนั้นเติมน้ำตาลไอซิ่ง ผสมให้เข้ากัน แล้วจึงใส่น้ำมันทีละน้อย นวดส่วนผสมจนปั้นเป็นก้อนได้ ปั้นแป้งและจัดแต่งให้เหมือนกลีบดอกลำดวน นำไปอบที่อุณหภูมิ 177^{o}C จนเหลืองสุก พักไว้ให้เย็นแล้วจึงเก็บใส่ขวดโหล

ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องในขนมกลีบลำดวน โดยการใช้แป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีในอัตราส่วน 0:100, 10:90, 20:80, 30:70 และ 40:60 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของขนมกลีบลำดวน ได้แก่ ความชื้น ค่าสี (L* a* b*) โดยเครื่องวัดค่าสี Colorimeter CR-10 ความแข็ง โดยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น LRX ใช้หัวกด ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง P/50 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale ประเมินความชอบด้านสี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม จากนั้นคัดเลือกขนมกลีบลำดวนแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีสูตรที่มีคุณภาพด้านเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสที่ดีที่สุดเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม เพื่อนำมาทดความชอบและการยอมรับของสอบผู้บริโภคจำนวน 100 คน อายุระหว่าง 18-50 ปี

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาแป้งข้าวกล้องมาทดแทนแป้งสาลีในขนมกลีบลำดวน พบว่าการนำแป้งข้าวกล้องมาทดแทนแป้งสาลีมีผลต่อสีของขนมกลีบลำดวน (Figure 1) โดยสูตรที่ใส่แป้งข้าวกล้องมีค่า L* น้อย และมี ค่า a* และ b* มาก เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งสาลีที่ใช้ผ่านกระบวนการโม่เป็นแป้ง ซึ่งมีการแยกและขจัดส่วนของเปลือก และคัพภะออกจากส่วนของเนื้อ เพื่อให้ได้ปริมาณแป้งสีขาวสูงสุด ส่งผลให้สูตรควบคุมมีค่า L* มากกว่า ในขณะที่แป้งข้าวกล้องได้จากการโม่ข้าวกล้องที่ขัดสีเพียงครั้งเดียว โดยสีเปลือกออกเท่านั้น มีจมูกข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวอยู่ (อรอนงค์, 2547)

ขนมกลีบลำดวนที่ผสมแป้งข้าวกล้องในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้มีความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สูตรที่ผสมแป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลี 40:60 มีค่าความแข็งมากที่สุดเท่ากับ 21.73 N สำหรับสูตรควบคุมมีค่าความแข็งน้อยที่สุดเท่ากับ 4.70 N (Table 1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ สิรินาถ (2551) ที่ศึกษาผลของการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งโฮลวีทในขนมปัง พบว่าการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งโฮลวีทในปริมาณร้อยละ 15-35 ทำให้ขนมปังมีค่าความแข็งสูงกว่าขนมปังสูตรควบคุม ซึ่งแป้งข้าวกล้องมาจากข้าวที่ไม่ผ่านการขัดสี มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า มีประสิทธิภาพในการดูดซึมไขมัน และการเกิดโฟมต่ำกว่าแป้งสาลี จึงทำให้ขนมที่ได้มีความแข็งเพิ่มขึ้น

ความชื้นของขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวกล้องสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (Table 1) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแป้งข้าวกล้องมีความสามารถดูดซับน้ำมากกว่าแป้งสาลี ดังนั้นส่วนผสมที่ใช้แป้งข้าวกล้องในปริมาณมากจึงมีความชื้นสูง

(a) (b) (c) (d) (e)

Figure 1 Gleb-Lum-Duan at different ratio of brown rice flour to wheat flour as (a) 0:100, (b) 10:90, (c) 20:80, (d) 30:70 and (e) 40:60

Table 1 Moisture content, color and hardness of Gleb-Lum-Duan

Brown rice flour : Wheat flour	Moisture content (%)	Color			Hardness
		L*	a*	b*	(N)
0:100	1.55^{c}	80.23^{a}	0.60^{c}	15.73^{b}	4.70^{c}
10:90	2.11^{b}	74.10^{bc}	3.77^{a}	19.60^{a}	4.63^{c}
20:80	2.74^{a}	76.60^{ab}	2.30^{b}	16.57^{b}	10.82^{b}
30:70	2.67^{a}	74.40^{bc}	2.87^{ab}	15.40^{b}	21.14^{a}
40:60	2.09^{b}	72.20^{c}	3.67^{ab}	15.80^{b}	21.73^{a}

Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า ขนมกลีบลำดวนสูตรควบคุมมีคะแนนความชอบด้านสีสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสูตรที่ผสมแป้งข้าวกล้อง ทำให้ขนมมีสีคล้ำ ไม่ขาวนวลเหมือนกับสูตรควบคุม ขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีในอัตราส่วน 30:70 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นเท่ากับ 7.17 ซึ่งเป็นคะแนนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่สูตรควบคุมมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นเพียง 5.93 สำหรับความชอบในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของขนมกลีบลำดวนทั้ง 5 สิ่งทดลองนั้น ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) (Table 2)

เมื่อนำขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วน 10:90 มาทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่มีอายุระหว่าง 16-25 ปี และเคยบริโภคขนมกลีบลำดวนมาก่อน (82%) และชอบขนมกลีบลำดวนที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวกล้อง 71% (Figure 2) คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 6.89, 7.01, 7.52, 7.11 และ 7.51 ตามลำดับ และ 90% ของผู้บริโภคให้การยอมรับขนมกลีบลำดวนจากแป้งข้าวกล้องนี้

Table 2 Sensory evaluation of Gleb-Lum-Duan

Brown rice flour : Wheat flour	Color	Odor	Taste ^{ns}	Texture ^{ns}	General Acceptability ^{ns}
0:100	7.07^{a}	5.93^{c}	6.60	6.63	6.93
10:90	6.67^{ab}	6.20^{bc}	6.80	6.77	7.03
20:80	6.33^{abc}	7.13^{a}	6.80	6.53	6.97
30:70	5.87^{ab}	7.17^{a}	6.90	6.47	6.93
40:60	5.53^{c}	7.03^{ab}	6.80	6.57	6.97

Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

ns = not significantly differences ($p>0.05$)

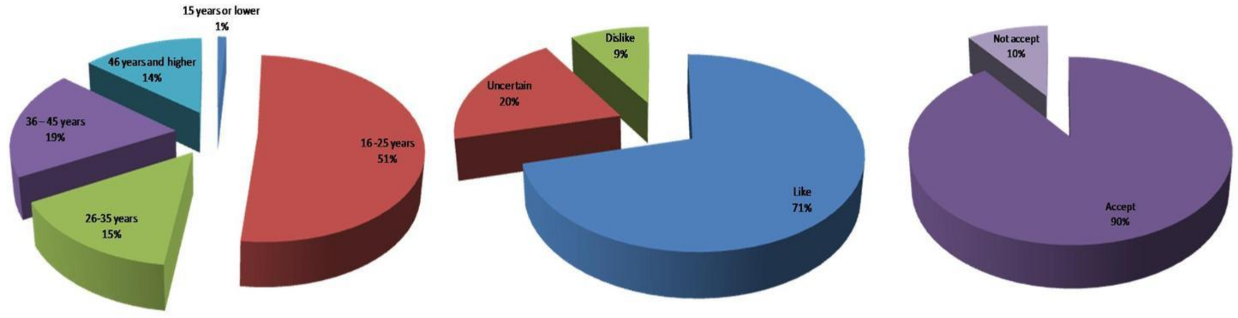


Figure 2 General information of consumer panels (a) age (b) linking of Gleb-Lum-Duan (c) acceptance of Gleb-Lum-Duan

สรุปผล

การเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องมีผลต่อสี ความแข็ง และความชื้นของขนมกลีบลำดวน ทำให้คะแนนความชอบด้านสีของขนมกลีบลำดวนลดลง ในขณะที่คะแนนความชอบด้านกลิ่นเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้แป้งข้าวกล้องไม่มีผลต่อความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของขนมกลีบลำดวนเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรปกติ และขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีในอัตราส่วน 10:90 นี้มีผู้บริโภคให้การยอมรับถึง 90%

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มแม่บ้าน ตำบลบางโพธิ์เหนือ, 2543, ส่วนผสมขนมกลีบลำดวน, เอกสารประกอบการสอนทำขนม, กลุ่มแม่บ้านตำบลบางโพธิ์เหนือ.

จันทร์จิรา แซ่ก้อ, 2554, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลอดช่องเสริมแป้งข้าวกล้อง, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ชุติมา อัศวเสถียร, 2547, การใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ซาลาเปา, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42: สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, หน้า 232-330.

ณัฐวดี มิ่งพิสุทธิ์พงศ์, 2553, การทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งข้าวกล้องในผลิตภัณฑ์โรตี [สืบค้น], http:www.science.swu.ac.th/portals/155, [11/ August/ 12].

สิรินาถ ตัณฑเกษม, 2551, ผลของการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งโฮสวีทในขนมปัง, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 28(4): 99 – 108.

อภิญญา เจริญกุล, 2553, การนำแป้งข้าวกล้องงอกมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้สิงคโปร์, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 30(4): 108 – 119.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540, ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Greene, J.L. and Bovell-Benjamin, A.C., 2004, Macroscopic and Sensory Evaluation of Bread Supplemented with Sweet Potato Flour, Journal of Food Science, 69:169-173.

ผลของการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของเห็ดนางฟ้าภูฐานในระหว่างการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

Effects of Changes in Moisture Content on Physical Property of Oyster Mushroom During Infrared Drying

อภินันท์ วัลภา[1] และ โศรดา วัลภา[2]

Wanlapa, A[1] and Wanlapa, S.[2]

Abstract

The objective of this research is to determine the effects of moisture changes on color and texture of oyster mushroom dried by rotary-infrared dryer at the three levels of drying temperature: 70, 80 and 90 ºC. It was found that moisture content of the oyster mushroom decreased with drying time. The reduction in moisture content resulted in the decrease in color lightness (L*) and the increase in maximum load of dried oyster mushroom. Changes in moisture content had a linear relationship with changes in L* and maximum load values, which showed a good fit with R^2 = 0.889 and -0.980, respectively.

Keywords: moisture, oyster mushroom, infrared drying, physical property

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่มีต่อสี และลักษณะเนื้อสัมผัสของเห็ดนางฟ้าภูฐานระหว่างการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งอินฟราเรดแบบถังหมุน เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ระดับ คือ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า ความชื้นของผลิตภัณฑ์ระหว่างการอบแห้งลดลงตามระยะเวลาในการอบแห้ง ความชื้นที่ลดต่ำลงมีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง ในขณะที่ทำให้ค่า maximum load เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของความชื้นมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่า L* และ maximum load ในลักษณะของสมการเส้นตรงที่มีค่า R^2 = 0.889 และ -0.980 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ความชื้น เห็ดนางฟ้าภูฐาน การอบแห้งแบบอินฟราเรด สมบัติทางกายภาพ

คำนำ

เห็ดมีหลากหลายชนิดทั้งที่บริโภคได้ (edible mushroom) และเห็ดที่ไม่สามารถนำมาบริโภคได้หรือเห็ดมีพิษ (poisonous mushroom) ประเทศไทยมีเห็ดที่บริโภคได้หลายชนิด แต่ที่รู้จักกันดีและสามารถผลิตในเชิงการค้ามีไม่กี่ชนิด เช่น เห็ดฟาง (straw mushroom) เห็ดนางฟ้า (sajor-caju mushroom) เห็ดเข็มทอง (golden needle mushroom) เห็ดหอม (shitaka mushroom) เห็ดเป๋าฮื้อ (abalone mushroom) เห็ดนางรม (oyster mushroom) เป็นต้น เห็ดแต่ละชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี โดยจัดเป็นแหล่งของโปรตีน ใยอาหาร วิตามิน และเกลือแร่ชนิดต่างๆ ความต้องการเห็ดของผู้บริโภคเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงระยะปี 2546 ถึง 2549 มียอดการจัดจำหน่ายเห็ดสดเพิ่มขึ้น 348 ตัน และยังคงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากความนิยมในกลุ่มของผู้รักสุขภาพที่ต้องการใยอาหาร และผู้ที่หลีกเลี่ยงการรับประทานเนื้อสัตว์ เห็ดสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายชนิด โดยใช้เป็นส่วนประกอบทดแทนเนื้อสัตว์ เช่น เห็ดหยอง น้ำพริกเห็ด เห็ดดองในน้ำปรุง เห็ดกระป๋อง เป็นต้น นอกจากนี้เห็ดยังสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวด้วยการทอดในน้ำมัน ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดมีเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสที่ดี แต่ไม่สามารถสนองตอบต่อความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ และต้องการลดปริมาณพลังงานที่ได้รับจากอาหาร ปัจจุบันยังมีเทคโนโลยีอื่นที่มีการพัฒนาเพื่อใช้เป็นทางเลือกแทนการทอด ซึ่งการอบแห้งโดยใช้รังสีอินฟราเรดก็เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่ได้รับความสนใจ โดยมีการ

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 ม.1 ถ.รังสิต-นครนายก คลองหก ธัญบุรี ปทุมธานี 12110

[1] Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 39 Muh 1 Rangsit –Nakhonnayok Rd. Thanyaburi, Pathum Thani, 12110

[2] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี คลองห้า คลองหลวง ปทุมธานี 12120

[2] Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 35 Moo 3 Technoolis, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

นำอินฟราเรดไปใช้ร่วมกับกระบวนการอบแห้งแบบอื่นๆ เช่น การอบแห้งแบบใช้ปั๊มความร้อน (กิตติศักดิ์และคณะ, 2546; นเรศ และคณะ, 2546) การอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบท (ศรีมาและคณะ, 2547) การอบแห้งด้วยอินฟราเรดมีข้อดีหลายประการ คือ มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูง ลดระยะเวลาการอบแห้ง ประหยัดพลังงาน ควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำ แต่ยังมีข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพในการทะลุผ่านชิ้นวัสดุที่ต่ำ จึงเหมาะสำหรับอาหารที่มีชิ้นขนาดเล็ก ความชื้นไม่สูงมาก (Sandu, 1986; Ratti และ Mujumdar, 1995; Afzal และคณะ, 1999; Tan และคณะ, 2001) การเลือกใช้กระบวนการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดกับอาหารชนิดต่างๆ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบพฤติกรรมของการอบแห้ง และผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ ในกระบวนการ ในการวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของรังสีอินฟราเรดที่มีต่อพฤติกรรมของการอบแห้งเห็ดนางฟ้าภูฐาน ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณมาก และมีความชื้นสูง เพื่อการพัฒนาไปสู่การแปรรูปเห็ดให้ได้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแทนการทอด

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมตัวอย่างเห็ดนางฟ้าภูฐาน (*Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing) โดยนำไปลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที แล้วนำไปจุ่มในน้ำผสมน้ำแข็งทันที เป็นเวลา 2 นาที วางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำก่อนนำเข้าสู่กระบวนการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งรังสีอินฟราเรดแบบถังหมุน เครื่องอบแห้งประกอบด้วยชิ้นส่วนหลักคือ ห้องอบแห้งรูปทรงกระบอกที่ติดตั้งในแนวระนาบมีฝาปิด ภายในบุด้วยฉนวนกันความร้อนและตะแกรงสแตนเลสขนาด 18 เมช ซึ่งยึดติดกับมอเตอร์ที่สามารถปรับความเร็วรอบได้ เพื่อช่วยให้ตัวอย่างทดสอบมีการพลิกตัวได้รับความร้อนจากหลอดอินฟราเรด ขนาด 700 วัตต์ จำนวน 4 หลอด ติดตั้งรอบตะแกรงอย่างทั่วถึง มีพัดลมขนาด 20 วัตต์ เพื่อช่วยระบายความชื้นภายในห้องอบแห้ง การวัดและควบคุมอุณหภูมิใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด T ที่ติดตั้งอยู่ภายในบริเวณกึ่งกลางของห้องอบแห้ง ในการศึกษาได้นำเห็ดนางฟ้าภูฐานปริมาณ 2 กิโลกรัมที่ผ่านการเตรียมแล้ว ใส่ในตะแกรงหมุนภายในเครื่อง ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส ในระหว่างการอบแห้งทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 540 นาที เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ได้แก่ ความชื้นตามวิธีมาตรฐาน AOAC ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter Minolta Model DP-301) โดยแสดงค่าสีในระบบ CIE ในรูปแบบของ L*, a* และ b* โดยการทดสอบครั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของค่า L* (color lightness index) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความเข้มของสีที่พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ว่ามีความสว่างหรือความมืดมากเพียงใด มีค่าตั้งแต่ 0 คือวัสดุมีสีดำจนถึง 100 คือวัสดุมีสีขาว สำหรับวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างทำโดยใช้ Lloyd Instrument Material Testing Machine (รุ่น LRX plus, ประเทศอังกฤษ) ติดตั้งหัววัดแบบ Warner Bratzler shear apparatus ใช้ load cell ขนาด 5,000 นิวตัน ตรวจสอบตัวอย่างครั้งละสามดอก โดยใช้ความเร็วของหัววัด 50 มิลลิเมตร/นาที บันทึกค่า maximum load ทำซ้ำสามครั้งในแต่ละตัวอย่าง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของเห็ดนางฟ้าภูฐานในระหว่างการอบแห้ง

ความชื้นของเห็ดในระหว่างการอบแห้งลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้นโดยอัตราการลดลงของความชื้นพบว่า เพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นดังแสดงใน Figure 1 ในช่วง 150 นาทีแรกของการอบแห้ง อัตราการลดลงของความชื้นของเห็ดเป็นไปอย่างช้าๆ อันเป็นผลมาจากรูปแบบการให้ความร้อนของรังสีอินฟราเรดที่มีต่อวัสดุที่มีความชื้นสูง ซึ่งไม่มีประสิทธิภาพเหมือนวัสดุความชื้นต่ำ แต่หลังจากความชื้นของตัวอย่างลดลงถึงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นเริ่มต้น พบว่า อัตราการลดลงของความชื้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเข้าสู่สภาวะการอบแห้งคงที่ จากนั้นความชื้นจึงค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งเข้าสู่ระดับความชื้นสมดุล พฤติกรรมการอบแห้งมีรูปแบบเดียวกันเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบทั้ง 3 ระดับ

การเปลี่ยนแปลงสีของเห็ดนางฟ้าภูฐานในระหว่างการอบแห้ง

ค่าสีเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับอาหาร สำหรับผลิตภัณฑ์หลายๆ ชนิดมักใช้สีเป็นเครื่องบ่งชี้กลิ่นรสของอาหาร จากการทดลองพบว่า ค่า L* ลดลงตามระยะเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเห็ดมีสีคล้ำลงตามระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ดังแสดงไว้ใน Figure 2 อุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเห็ด โดยพบว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำลงมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการอบแห้งที่เท่ากัน อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะอบแห้งที่อุณหภูมิใดในช่วง 70-90 องศาเซลเซียสต่างมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงของสีในรูปแบบเดียวกัน

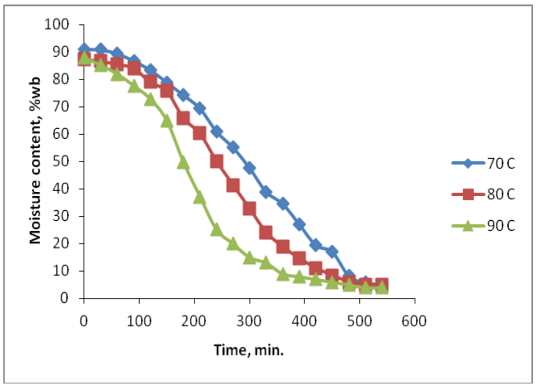


Figure 1 Changes in moisture contents of oyster mushroom during infrared drying at different temperatures

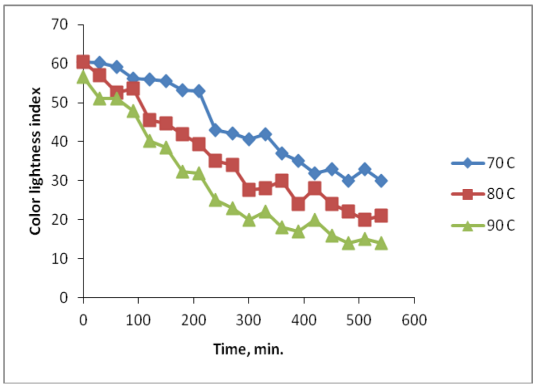


Figure 2 Changes in color lightness (L*) of oyster mushroom during infrared drying at different temperatures

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเห็ดนางฟ้าภูฐานในระหว่างการอบแห้ง

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเห็ดอบแห้งที่ผ่านการอบแห้งที่สภาวะต่างๆ ได้ทำการ วิเคราะห์ในรูปแบบของค่าแรงสูงสุด (maximum load) ที่ใช้ในการตัดชิ้นตัวอย่างจนขาดออกจากกัน ผลการทดลองพบว่า ค่า maximum load ที่ใช้ในการตัดชิ้นตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงใน Figure 3 ในช่วงแรกของการอบแห้งตัวอย่างเห็ดจะต้องใช้แรงในการตัดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณความชื้นที่สูญเสียไป จนเมื่อความชื้นลดลงถึงระดับหนึ่งเนื้อสัมผัสของเห็ดจะแข็งและเปราะจนเกิดการแตกหักได้ง่าย แรงที่ใช้ในการตัดจึงลดต่ำลง ซึ่งเป็นจุดที่แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เริ่มมีความกรอบ ซึ่งเหมาะสำหรับเป็นผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

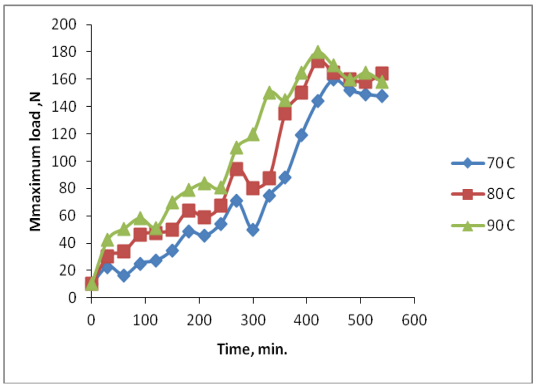


Figure 3 Changes in maximum load of oyster mushroom during infrared drying at different temperatures

ผลของความชื้นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของเห็ดนางฟ้าภูฐานระหว่างการอบแห้ง

จากผลการทดลองจะสังเกตได้ว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์เห็ดระหว่างการอบแห้งที่เปลี่ยนไปจะมีความสอดคล้องกันกับการเปลี่ยนแปลงของทั้งสีและเนื้อสัมผัส เมื่อหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของความชื้นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L*และ maximum load ได้ผลดังแสดงไว้ใน Figure 4 และ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง L* กับความชื้นและค่า maximum load กับความชื้น มีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีค่า R^2 เท่ากับ 0.889 และ -0.916 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงจะส่งผลให้ค่า L* ลดลง ในขณะที่ทำให้ค่า maximum load เพิ่มสูงขึ้น ผลที่เกิดขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตโดยสามารถประมาณค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์หรือความกรอบของผลิตภัณฑ์โดยการควบคุมค่า L* ซึ่งสามารถวัดค่าได้ง่ายและรวดเร็วกว่าปัจจัยอื่นๆ

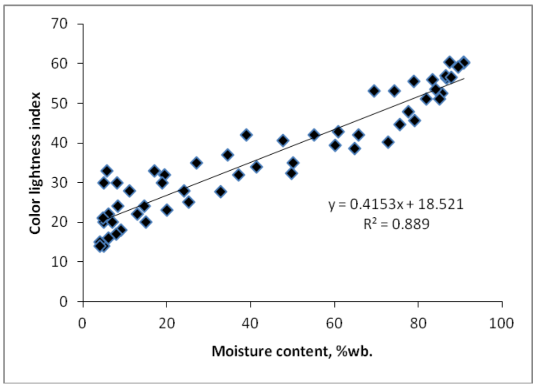


Figure 4 Interrelationship between moisture content and color lightness index of oyster mushroom during infrared drying mushroom

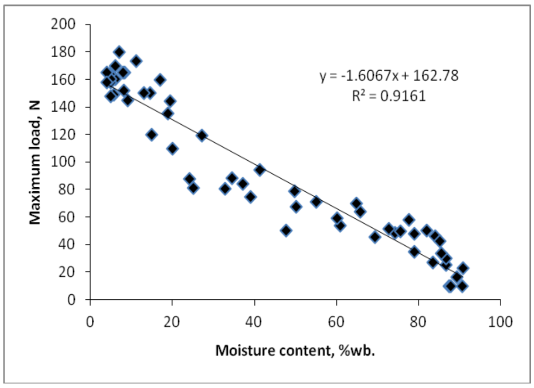


Figure 5 Interrelationship between moisture content and maximum load of oyster during infrared drying

สรุปผล

พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเห็ดนางฟ้าภูฐานในระหว่างผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังหมุน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบที่ตรงข้ามกัน คือเมื่อความชื้นของผลิตภัณฑ์ระหว่างการอบแห้งลดต่ำลงตามระยะเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ ค่า L* ลดต่ำลง ในขณะที่ค่า maximum load มีค่าเพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงของความชื้นที่มีต่อค่า L* และค่า maximum load มีความสัมพันธ์ในลักษณะแนวโน้มของสมการเส้นตรงที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.889 และ -0.916 ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ วิธินันทกิตต์ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และ อดิศักดิ์ นาถกรณกุล, 2546, เครื่องอบแห้งแบบปั๊มความร้อนร่วมกับอินฟราเรด, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4, 13-14 มีนาคม 2546, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 230-241.

นเรศ มีโส อดิศักดิ์ นาถกรณกุล ฐานิตย์ เมธิยานนท์ และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2546, การศึกษาการแผ่รังสีอินฟราเรดหลังการอบแห้งข้าวเปลือกแบบฟลูอิไดซ์เบด, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4, 13-14 มีนาคม 2546, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 242-254.

ศรีมา แจ้คาม สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และ อดิศักดิ์ นาถกรณกุล, 2547, การอบแห้งผลไม้และสมุนไพรโดยใช้ปั๊มความร้อนร่วมกับอินฟราเรดไกล, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5, 26-27 เมษายน 2547, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, หน้า 22-28.

Afzal, T.M., Abe, T. and Hikida, Y., 1999, Energy and Quality Aspects During Combined FIR-Convection Drying of Barley, Journal of Food Engineering, 42(4): 177-182.

Ratti, C. and Mujumdar, A. S., 1995, Infrared Drying. In A. S. Mujumdar (2^{nd} ed.), Handbook of Industrial Drying, Marcel Dekker, Inc., New York, p. 567-588.

Sandu, C., 1986, Infrared Radiative Drying in Food Engineering: A Progress Analysis, Biotechnology Progress, 2(3): 109-119.

Tan, M., Chua, K.J., Mujumdar, A.S. and Chou, S.K., 2001, Effect of Osmotic Pre-Treatment and Infrared Radiator on Drying Rate and Color Changes During Drying of Potato and Pineapple, Drying Technology, 19(9): 2193-2207.

สมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงและการประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ขนมกวน

Chemical and Physical Properties of *Bruguiera gymnorrhiza* Flour and the Application as Raw Material of Sweetened Mashed Product

สิริมา ชินสาร[1] และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1]

Chinnasarn, S.[1] and Yuenyongputtakal, W.[1]

Abstract

This research was to study the chemical and physical properties of *Bruguiera gymnorrhiza* flour and the application as raw material of sweetened mashed product. To produce the flour, *Bruguiera gymnorrhiza* pods were boiled in water for 90 minutes, peeled and sliced to a thickness of 0.5 cm. Then, the slices were boiled in boiling water twice for 30 minutes each and dried in a hot air oven at 60°C for 7 hours. The chips were ground and sieved through a 80-mesh sifter to obtain *Bruguiera gymnorrhiza* flour. The flour had 88.19 g/100 g carbohydrate, 25.51 g/100 g dietary fiber, 195.71 g/100 g calcium, 42.90 mg gallic/g phenolic compounds, 11.11 mg catechin/g flavonoids and antioxidant property as 79.35% inhibition. The gelatinization temperature and peak viscosity were 62.1°C and 145 BU, respectively. The microstucture obtained from the scanning electron microscope demonstrated that the shape of starch granules was round with a diameter of 120 μm. The prototype formula of sweetened mashed product was investigated. The water content of the formula ranged from 81.54 and 40.77 g. Results revealed that the optimum formulation contained 18.45 g. *Bruguiera gymnorrhiza* flour, 40.77 g. water, 100 g. coconut milk and 74 g of sugar.

Keywords: *Bruguiera gymnorrhiza*, property of flour, sweetened mashed product

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงและการประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ขนมกวน ทำการผลิตแป้งโดยการต้มฝักพังกาหัวสุมดอกแดงในน้ำเดือดเป็นเวลา 90 นาที ปอกเปลือก และสไลด์เป็นแผ่นหนา 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำมาต้มในน้ำเดือดอีก 2 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง แล้วบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช ได้เป็นแป้งพังกาหัวสุมดอกแดง ขั้นตอนแรก เป็นการศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพ พบว่า แป้งพังกาหัวสุมดอกแดงมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 88.19 g/100 g ใยอาหาร 25.51 g/100 g แคลเซียม 195.71 g/100 g สารประกอบฟีนอลิก 42.90 mg gallic/g ฟลาโวนอยด์ 11.11 mg catechin/g และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ 79.35% inhibition มีอุณหภูมิเริ่มเกิดเจล 62.1 องศาเซลเซียส และความหนืดสูงสุด 145 BU เมื่อตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของเม็ดแป้ง พบว่า เม็ดแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงมีลักษณะกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 120 ไมโครเมตร ขั้นตอนที่สอง เป็นการศึกษาหาสูตรต้นแบบของขนมพังกาหัวสุมดอกแดงกวน โดยแปรปริมาณน้ำที่ใช้ในสูตรเป็น 81.54 กรัม และ 40.77 กรัม ผลการทดลองพบว่า สูตรต้นแบบผลิตภัณฑ์ขนมพังกาหัวสุมดอกแดงกวนที่เหมาะสม คือ แป้งพังกาหัวสุมดอกแดง 18.45 กรัม น้ำ 40.77 กรัม น้ำกะทิ 100 กรัม และน้ำตาลทราย 74 กรัม

คำสำคัญ: พังกาหัวสุมดอกแดง สมบัติของแป้ง ขนมกวน

คำนำ

พังกาหัวสุมดอกแดงเป็นพืชชนิดหนึ่งที่พบในพื้นที่ป่าชายเลนของประเทศไทย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Bruguiera gymnorrhiza* (L) *Savigny* อยู่ในวงศ์ Rhizophoraceae มีชื่อเรียกอื่นคือ ประสัก ประสักแดง โกงกางหัวสุม พังกาหัวสุม และพลัก มีรายงานว่าฝักพังกาหัวสุมดอกแดงเป็นแหล่งสำคัญของคาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร และมีปริมาณแคลเซียมที่ค่อนข้างสูง

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Tambon Saensook, Muang, Chonburi, 20131

(สมนึก, 2539) อีกทั้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูง ชาวบ้านในพื้นที่ป่าชายเลนนิยมนำฝักพังกาหัวสุมดอกแดงมาบริโภค โดยต้มให้สุกก่อนรับประทาน นอกจากนี้ สถานีพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลน พยายามส่งเสริมให้ชุมชนป่าชายเลนมีการนำฝักพังกาหัวสุมดอกแดงมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบต่างๆ เช่น ฝักพังกาหัวสุมดอกแดงกวน ฝักพังกาหัวสุมดอกแดงเชื่อม เป็นต้น อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ยังอยู่ในรูปแบบจำกัด อายุการเก็บรักษาสั้น อีกทั้งต้นพังกาหัวสุมดอกแดงจะออกฝักเพียงช่วงสั้นๆ เพียงหนึ่งครั้งต่อปี คือ ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง ประมาณเดือนสิงหาคม ดังนั้น ในช่วงเดือนอื่นๆ ของปีจึงไม่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะแปรรูปฝักพังกาหัวสุมดอกแดงให้อยู่ในรูปแป้ง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในช่วงนอกฤดูกาล และเนื่องจากฝักพังกาหัวสุมดอกแดงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงและการทดลองนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ ได้แก่ ขนมพังกาหัวสุมดอกแดงกวน เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตที่ได้แก่ชุมชนบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำฝักพังกาหัวสุมดอกแดงมาล้างทำความสะอาดแล้วต้มจนสุก โดยต้มครั้งละ 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 90 นาที ใช้อัตราส่วนของฝักพังกาหัวสุมดอกแดงต่อน้ำเท่ากับ 1:10 จากนั้นนำฝักพังกาหัวสุมดอกแดงมาปอกเปลือก แล้วสไลด์เฉียงเป็นแผ่นหนา 0.5 เซนติเมตร ต้มในน้ำเดือดอีก 2 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที โดยเปลี่ยนน้ำทุกครั้ง ใช้อัตราส่วนของฝักพังกาหัวสุมดอกแดงที่สไลด์ต่อน้ำเท่ากับ 1:10 ภายหลังการต้มนำฝักพังกาหัวสุมดอกแดงมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง เพื่อให้มีความชื้นไม่เกิน 7 เปอร์เซ็นต์ นำตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งไปบดหยาบและบดละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช เก็บตัวอย่างแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงใส่ถุงปิดให้สนิท แล้วนำมาวิเคราะห์ผลด้านต่างๆ ดังนี้ 1) องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน กากใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000) กากใยหยาบ (AOAC, 2000) แคลเซียม (AOAC, 2000) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ (Zhou และ Yu, 2006) 2) สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยการทดสอบประสิทธิภาพการจับกับอนุมูลอิสระ DPPH (Brand-Williams และคณะ, 1995) 3) วิเคราะห์ pasting characteristics ด้วยเครื่อง brabender viscoamylograph 4) การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของเม็ดแป้ง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscope, SEM)

ศึกษาการผลิตขนมกวนจากแป้งพังกาหัวสุมดอกแดง โดยมีสูตรพื้นฐาน (สูตรที่ 1) คือ ฝักพังกาหัวสุมดอกแดงสดที่ผ่านการต้มสุกแล้ว 100 กรัม น้ำตาลทราย 74 กรัม กะทิ 100 กรัม และพัฒนาสูตรต้นแบบของการผลิตด้วยแป้ง โดยใช้แป้ง 18.45 กรัม ผสมกับน้ำโดยแปรปริมาณน้ำเป็น 2 ระดับ คือ 81.54 กรัม (สูตรที่ 2) และ 40.77 กรัม (สูตรที่ 3) โดยปริมาณน้ำที่เติมคำนวณจากปริมาณความชื้นของฝักพังกาหัวสุมดอกแดงต้มสุก (82.38±1.13 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณความชื้นของแป้งพังกาหัวสุมดอกแดง (4.51±0.04 เปอร์เซ็นต์) โดยการปรับปริมาณความชื้นของแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงให้เท่ากับความชื้นของฝักพังกาหัวสุมดอกแดงต้มสุก เมื่อคำนวณออกมาแล้วจึงได้ปริมาณน้ำที่ต้องเติมน้ำทดแทนระดับที่ 1 คือ 81.54 กรัม แต่จากการทดลองเบื้องต้นพบว่า ปริมาณน้ำที่เติมมากเกินไปจึงต้องใช้เวลากวนค่อนข้างนาน จึงปรับลดปริมาณน้ำลงครึ่งหนึ่งได้ปริมาณน้ำระดับที่ 2 คือ 40.77 กรัม ส่วนปริมาณน้ำตาลและกะทิใช้ปริมาณเดียวกับการกวนจากฝักสด จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดไปกวนบนเตาโดยใช้ไฟอ่อนอุณหภูมิของส่วนผสมขณะกวนประมาณ 185 องศาเซลเซียส กวนเป็นเวลา 50 นาทีสำหรับการเติมน้ำ 81.54 กรัม และ 45 นาที สำหรับการเติมน้ำ 40.77 กรัม ซึ่งเมื่อกวนได้ที่จะสังเกตเห็นขนมร่อนไม่ติดกระทะจึงยกลงจากเตา จากนั้นจึงนำขนมสูตรต้นแบบทั้ง 2 สูตรและขนมสูตรพื้นฐานมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบในด้านความชอบ ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ให้ผู้ทดสอบประเมินความชอบด้านกลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

ผลการทดลอง

เมื่อนำแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงที่ผลิตได้มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี (Table 1) พบว่า แป้งพังกาหัวสุมดอกแดงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต แคลเซียม และใยอาหารสูง อีกทั้งยังมีสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบที่ให้ผลในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และโครงสร้างทางจุลภาค พบว่า เม็ดแป้งมีลักษณะกลม ขนาดใหญ่ (Figure 2) และมี pasting characteristics ดังแสดงใน Figure 1 และเมื่อทดลองนำมาผลิตเป็นขนมกวน พบว่า ได้รับคะแนนความชอบจากผู้บริโภคในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง

วิจารณ์ผล

จาก Table 1 พบว่า แป้งพังกาหัวสุมดอกแดงมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด รองลงมาเป็นปริมาณกากใยหยาบ และมีปริมาณแคลเซียม 195.71 g/100 g จึงนับว่าแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงจัดเป็นแป้งที่มีปริมาณแคลเซียมและกากใยหยาบสูง นอกจากนั้นยังมีสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบ และมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ 79.35% inhibition แสดงให้เห็นว่า แป้งพังกาหัวสุมดอกแดงเป็นแป้งชนิดหนึ่งที่นอกจากมีคุณค่าทางอาหารแล้วยังมีศักยภาพดีในด้านการต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย

จาก Figure 1 พบว่า เมื่อน้ำแป้งได้รับความร้อนจะดูดซึมน้ำและพองตัวขยายใหญ่ น้ำบริเวณรอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อย ทำให้เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยาก เกิดความหนืดขึ้นปรากฏการณ์นี้ เรียกว่า การเกิดเจลาติไนเซชัน (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) โดยแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันที่ 62.1 องศาเซลเซียส จากนั้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นไปจนถึง 95 องศาเซลเซียสและหยุดอุณหภูมิไว้ ณ เวลาหนึ่งแป้งมีความหนืดเปลี่ยนแปลงจาก 129 BU ไปจนถึง 145 BU จากนั้นลดอุณหภูมิจาก 95 องศาเซลเซียสลงไปที่ 50 องศาเซลเซียส แป้งจะเกิดการคืนตัวหรือรีโทรเกรเดชั่นและมีความหนืดลดลงจาก 248 BU ไปเป็น 236 BU โดยการคืนตัวของแป้งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อแป้งสุกซึ่งร้อนมีอุณหภูมิลดต่ำลง ขณะที่อุณหภูมิลดลงโมเลกุลอิสระของอะไมโลสซึ่งอยู่ใกล้กันจะเคลื่อนที่เข้าใกล้ และจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของโมเลกุลขึ้นใหม่โดยเปลี่ยนจากลักษณะการกระจายตัวของโมเลกุลมาเป็นส่วนที่เป็น crystallite ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้ X-ray diffraction (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546)

เมื่อนำแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงมาตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของเม็ดแป้ง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบสแกน ที่กำลังขยาย 300 เท่า (Figure 2) พบว่า เม็ดแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงมีลักษณะกลมและอยู่ติดกันเป็นคู่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 120 ไมโครเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดแป้งชนิดอื่น เช่น แป้งลูกเดือยซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดแป้งโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 11- 12 ไมโครเมตร (Chaisiricharoenkul และคณะ, 2011) จึงนับว่าแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงมีเม็ดแป้งขนาดใหญ่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในขั้นตอนของการผลิตแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงนั้น ฝักพังกาหัวสุมดอกแดงต้องผ่านการต้มสุกเพื่อกำจัดความฝาดขมก่อน ทำให้เม็ดแป้งซึ่งเป็นองค์ประกอบเกิดการดูดซับน้ำและพองตัวขยายใหญ่ขึ้นในระหว่างขั้นตอนการต้มนั้น

เมื่อทดลองนำแป้งพังกาหัวสุมดอกแดงมาผลิตเป็นขนมกวนเปรียบเทียบกับขนมที่ทำจากฝักสด (สูตร 1) พบว่า ขนมที่ทำจากแป้งทั้ง 2 สูตร ได้รับคะแนนความชอบต่ำกว่าขนมจากฝักสดเล็กน้อย โดยได้รับคะแนนในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

สรุปผล

แป้งพังกาหัวสุมดอกแดงเป็นแป้งที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก และยังเป็นแหล่งที่ดีของแคลเซียม ใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระ จึงมีศักยภาพที่จะสามารถนำมาพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพต่อไปได้ โดยขนมกวนจากแป้งที่พัฒนาขึ้นได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค โดยได้รับคะแนนความชอบด้านต่างๆ อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2555

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง (พิมพ์ครั้งที่ 3), กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมนึก เวศวงศ์ษาทิพย์, 2539, คู่มือศึกษาพันธุ์ไม้ชายเลนท้องถิ่นบางปะกง อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา, โรงเรียนบางปะกงบวรวิทยายน

AOAC, 2000, Official method of analysis of the association of official analytical chemists, Washington D.C., USA.

Brand-Williams, W., Cubelier, M.E. and Berset, C., 1995, Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 28: 25-30.

Chaisiricharoenkul, J., Tongta, S., and Intarapichet, K., 2011, Structure and Chemical and Physiochemical Properties of Job's tear (Coix lacryma-Jobi L.), Suranaree Journal of Science and Technology, 18(2): 109-122.

Zhou, K. and Yu, L., 2006, Total Phenolic Contents and Antioxidant Properties of Commonly Consumed Vegetables Grown in Colorado, Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 39: 1155-1162.

Table 1 Chemical composition and %inhibition of *Bruguiera gymnorrhiza* flour

Composition	Content
Moisture (g/100 g)	5.78 ± 0.01
Fat (g/100 g)	0.39 ± 0.00
Protein (g/100 g)	4.62 ± 0.01
Crude fiber (g/100 g)	9.35 ± 0.02
Ash (g/100 g)	1.02 ± 0.00
Carbohydrate (g/100 g)	88.19 ± 0.18
Dietary fiber (g/100 g)	25.51 ± 0.06
Calcium (g/100 g)	195.71 ± 6.32
Phenolic compounds (mg(gallic)/g)	42.90 ± 0.04
Flavonoids (mg catechin/g)	11.11 ± 0.04
% inhibition	79.35 ± 0.22

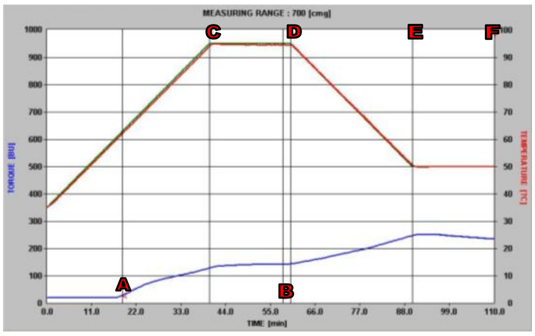


Figure 1 Pasting characteristics of *Bruguiera gymnorrhiza* flour

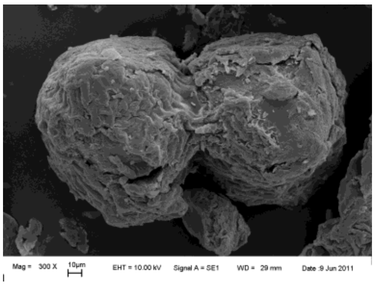


Figure 2 Scanning electron micrograph of *Bruguiera gymnorrhiza* flour at 300x

Table 2 Organoleptic scores for quality attributes of sweetened mashed product

Formulation	Color	Flavor[ns]	Taste	Texture	Overall liking
1	7.17±0.96 [a]	6.93±1.03	7.34±1.47 [a]	7.31±1.07 [a]	7.27±1.16 [a]
2	6.79±1.08 [ab]	6.82±1.48	6.57±1.46 [b]	6.41±1.35 [b]	6.44±1.47 [b]
3	6.75±0.87 [b]	6.91±1.29	6.67±1.29 [b]	6.58±1.21 [b]	6.61±1.40 [b]

[a,b,c]Difference letters in the same column indicated significant difference($p<0.05$). [ns] Not significant ($p \geq 0.05$)

ผลของการฉายลำอิเล็กตรอนและรังสีแกมมาต่อการเจริญเติบโตและการสร้างเม็ดสีของมอดยาสูบ, *Lasioderma serricorne* (Fabricius)

Effect of Gamma Ray and Electron Beam irradiation on Metamorphosis and Melanization of Tobacco Beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius)

ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์[1] สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ[1] วณิช ลิ่มโอภาสมณี[1] ทศพล แทนรินทร์[1] และ เขมรุจิ เข็มทอง[1]

Kongratarporn, T.[1], Segsarnviriya, S.[1], Limophasmanee, V.[1], Tannarin, T.[1] and Khemthong, K.[1]

Abstract

Effects of gamma ray and electron beam on metamorphosis of tobacco beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius) were studied. The LD50 of gamma ray to egg, larva, pupa and adult were 419.11, 425.53, 798.72 and 970.87 Gray and LD99 of gamma ray to egg, larva pupa and adult were 829.84, 842.55,1581.47 and 1922.33 Gray respectively. While LD50 of electron beam to egg, larva pupa and adult were 425.43, 420.52, 771.61 and 807.75 Gray and LD99 of electron beam to egg, larva pupa and adult were 842.55, 832.63, 1527.78 and 1599.35 Gray respectively. The more maturities of the developmental stages were, the more radiation-tolerance was the tobacco beetle. The effective disinfestation radiation dose of all stages of tobacco beetle was 600 Gray.

Effects of gamma ray and electron beam on melanlization of tobacco beetle larvae were studied. Melanlization occurred on non-irradiated young larvae after killing by freezing. But slightly melanization to non-melanization occurred on gamma and electron irradiated (100-500 Gy) young larvae. The degree of melanization decreased with the incrasing doses. These results did not occur in old larvae.

Keywords: tobacco beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius), gamma ray, electron beam

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอน ที่มีต่อพัฒนาการระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของมอดยาสูบ , *Lasioderma serricorne* (Fabricius) พบว่า LD50 ของรังสีแกมมาต่อไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย เท่ากับ 419.11 425.53 798.72 และ 970.87 เกรย์ และ LD99 ของรังสีแกมมาต่อไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย เท่ากับ 829.84 842.55 1581.47 และ 1922.33 เกรย์ ตามลำดับ ส่วน LD50 ของลำอิเล็กตรอนต่อไข่ หนอนดักแด้ และตัวเต็มวัย เท่ากับ 425.43 420.52 771.61 และ 807.75 เกรย์ และ LD99 ของลำอิเล็กตรอนต่อไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย เท่ากับ 842.55 832.63 1527.78 และ 1599.35 เกรย์ ตามลำดับ โดยพบว่าความทนทานต่อรังสีเพิ่มขึ้นตามระยะการพัฒนาการเจริญเติบโต สรุปการทดลองได้ว่า ปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการกำจัดมอดยาสูบทุกระยะการเจริญเติบโตคือ 600 เกรย์

การศึกษาการสร้างเม็ดสีของหนอนมอดยาสูบ พบว่าการสร้างเม็ดสีเกิดกับหนอนวัยอ่อนไม่ฉายรังสีหลังการทำให้ตายโดยการแช่แข็ง แต่เกิดน้อยหรือไม่เกิดเลยในหนอนวัยอ่อนฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอน การเกิดจะลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ผลการทดลองเช่นนี้ไม่เกิดในหนอนวัยแก่

คำสำคัญ: ด้วงถั่วเขียว รังสีแกมมา ลำอิเล็กตรอน

คำนำ

มอดยาสูบ tobacco Beetle, Towgug ชื่อวิทยาศาสตร์ *Lasioderma serricorne* (Fabricius) เป็นแมลงปีกแข็งขนาดเล็กในวงศ์ Anobiidae ลักษณะเด่นชัดของมอดยาสูบ คือส่วนหัวและอกปล้องแรกงองุ้ม และโค้งลงด้านล่าง ตัวเมียวางไข่เดี่ยวๆ บนใบยาสูบหรือพืชอาหารอื่นๆ ได้ 75-100 ฟอง วงจรชีวิตจากระยะไข่จนเป็นตัวเต็มวัยใช้เวลา 40-60 วัน เป็นศัตรูที่สำคัญสุดของใบยาสูบ บุหรี่และซิการ์ โดยจะกัดกินใบยาจนเป็นรูพรุนไปทั่วหรือเป็นทางคดเคี้ยวไปมา ทำให้ใบยาเสื่อมคุณภาพ และราคาตก นอกจากนี้ยังทำลายเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เมล็ดพืชต่างๆ เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วเขียว มันสำปะหลังแห้ง พริกแห้ง แป้ง

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ที่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization) 9/9 Moo 7, Sai Mun, Ongkharak, Nakorn Nayok, 26120

เครื่องเทศ แป้ง กุ้งแห้ง พริกป่น อาหารสำเร็จรูป เช่น เส้นบะหมี่ เป็นต้น มีการแพร่กระจายไปทั่วโลกโดยการขนส่ง มักระบาดและทำความเสียหายให้ผลิตผลทางเกษตรในประเทศเขตร้อนและอบอุ่น ตลอดทั้งปี

ประเทศไทยได้ดำเนินการวิจัยฉายรังสีอาหารมานานกว่า 40 ปีแล้ว วิธีการนี้ทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการถนอมอาหารได้หลายประการ วัตถุประสงค์หนึ่งคือทำให้แมลงไม่สามารถมีชีวิตรอดและสืบพันธุ์ได้ โดยไม่มีพิษตกค้าง คุณภาพผลผลิตเหมือนเดิม สามารถใช้ร่วมกับวิธีการอื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้ รังสีที่อนุญาตให้ใช้ฉายอาหารมี 3 ชนิด ได้แก่ รังสีแกมมาจากเครื่องฉายรังสีที่มีแหล่งกำเนิดจากโคบอลต์ 60 หรือซีเซียม137 อิเล็กตรอนจากเครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนที่ทำงานด้วยระดับพลังงานไม่สูงกว่า 10 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ และรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ทำงานด้วยระดับพลังงานไม่สูงกว่า 5 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ งานวิจัยด้านฉายรังสีกำจัดแมลงในอาหารและผลิตผลการเกษตรในประเทศไทยที่ผ่านมา เป็นงานวิจัยที่ใช้รังสีแกมมาเพียงรังสีเดียว ศูนย์ฉายรังสีอัญมณี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้ติดตั้งเครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนที่ทำงานด้วยระดับพลังงานสูง เพื่อเพิ่มคุณค่าอัญมณี ซึ่งสามารถลดระดับพลังงานของอิเล็กตรอนให้อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถฉายรังสีอาหารได้ เนื่องจากรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนมีข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกันในเรื่องของความแรงของพลังงาน ความสามารถของการทะลุทะลวง ผลต่อสภาพแวดล้อมของแหล่งกำเนิดรังสี ต้นทุนการผลิตรังสี และการยอมรับของผู้บริโภค คณะผู้วิจัยจึงริเริ่มโครงการวิจัยนี้ขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกของการฉายรังสีกำจัดแมลง และเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของรังสีทั้งสองชนิดที่มีต่อด้วงยาสูบ

ในมุมมองด้านการกักกันพืช ความปลอดภัยของการกักกันพืชพิจารณาจากการตาย หรือการป้องกันการดำรงชีวิตและแพร่พันธุ์ในพื้นที่ใหม่ ดังนั้นจึงอาจพบว่าหนอนที่ได้รับรังสีปริมาณที่เหมาะสมแล้ว แต่ยังมีชีวิตอยู่ในผลิตผลการเกษตร จึงต้องมีวิธีการพิสูจน์ว่าหนอนที่มีชีวิตนั้นได้รับรังสีหรือไม่ โดยหลักการที่ว่า รังสียับยั้ง melanization (การสร้างเม็ดสี melanin) ของหนอน

อุปกรณ์และวิธีการ

การขยายพันธุ์ด้วงยาสูบให้ได้จำนวนมาก

จำแนกชนิดแมลงซึ่งเก็บจากเมล็ดข้าวโพดป่นในท้องตลาด แยกตัวเต็มวัยมอดยาสูบมาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการกีฏวิทยารังสี กลุ่มวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 27-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70 เปอร์เซ็นต์ โดยเพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกซึ่งเจาะฝาติดตาข่ายไนล่อนขนาด 350 mesh เพื่อระบายอากาศ ใส่ส่วนผสมของเมล็ดข้าวโพดป่นและยีสต์จากโรงงานเบียร์ 1:1 เพื่อให้ตัวเมียวางไข่และเป็นอาหารของหนอน โดยระยะไข่ 4-7 วัน ระยะหนอน 21-28 วัน ระยะดักแด้ 5-8 วัน และระยะตัวเต็มวัย 25-30 วัน เพาะเลี้ยงมอดยาสูบให้ได้จำนวนมาก 5 ชั่วรุ่น จึงนำมาเตรียมงานทดลองฉายรังสี

การศึกษาผลของลำอิเล็กตรอนและรังสีแกมมาต่อด้วงถั่วเขียว

ฉายรังสีแกมมาโดยเครื่องฉายรังสีแกมมา ผลิตโดยบริษัท Power Plus System รุ่น Type 2 (ANS N43.10) ซึ่งมีโคบอลต์–60 เป็นแหล่งกำเนิดรังสี อัตราปริมาณรังสี 3.61-3.46 เกรย์ต่อนาที และฉายลำอิเล็กตรอนโดยเครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอน ผลิตโดยบริษัท Mevex Corporation รุ่น MB 20-10 S/N 021 ระดับพลังงาน 8 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์

ฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนกับไข่แมลงอายุ 3–4 วัน ด้วยปริมาณรังสี 200 400 600 800 และ 1,000 เกรย์ กับหนอนอายุ 15-17 วัน ด้วยปริมาณรังสี 200 400 600 800 และ 1,000 เกรย์ กับดักแด้อายุ 3-4 วัน ด้วยปริมาณรังสี 300 600 900 1,200 1,500 และ 2,000 เกรย์ และกับตัวเต็มวัยอายุ 10-12 วัน ด้วยปริมาณรังสี 300 600 900 1,200 1,500 และ 2,000 เกรย์ ใน petri dish ที่ใส่อาหารเล็กน้อย ดำเนินการทดลอง 3 ซ้ำ ตรวจสอบการตาย ความผิดปกติ ความพิการ การเติบโตข้ามระยะ

ปรับค่าการตายแต่ละการทดลอง โดย Abbott 's formula และทำ Regression Analysis ใน Microsoft Excel โดยวิเคราะห์สมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร แทนค่าในสมการได้ค่า LD50 และ LD99

การศึกษาการสร้างเม็ดสี (melanization)

ฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนหนอนวัย 2 และ 4 ด้วยปริมาณรังสี 100, 300 และ 500 เกรย์ ชุดละ 100 ตัว ดำเนินการทดลอง 2 ซ้ำ หลังฉายรังสี 1 สัปดาห์ นำหนอนทั้งหมดแช่เย็นที่อุณหภูมิ –18 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำหนอนมาตรวจและให้คะแนน index of melanization โดยวิธีการของ Stanislaw และ Dorota (1997) โดยเทียบสีกับ R.H.S. (The Royal Horticultural Society London) Color chart โดยสี yellow-white 158 (B-D)ให้คะแนน 0.0 (0%) สี greyed-yellow 162 (B-D) ให้คะแนน 0.33 (33%) สี greyed-orange 165 (B) ให้คะแนน 0.66 (66%) และ สี black 202 (A) หรือ brown 200 (A-D) หรือ greyed-orange 165 (A) ให้คะแนน 1.0 (100%) ถ้าหนอน 1 ตัวมีการเปลี่ยนแปลงสีไม่สม่ำเสมอทั้งตัว เช่น 1 ใน 3 สี greyed-

orange (B) 165 และ 2 ใน 3 สี greyed-yellow 162 (B-D) คะแนนที่ได้คือ 0.44 (44%)(1/3 x 0.66 + 2/3 x 0.33) เป็นต้น ประเมินทางสถิติโดย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนต่อมอดยาสูบระยะไข่อายุ 3-4 วัน ระยะหนอนอายุ 15-17 วัน ระยะดักแด้อายุ 3-4 วัน และตัวเต็มวัยอายุ 10-12 วัน แสดงโดย Table 1 และ Regression line ของการตายแต่ละระยะการเจริญเติบโตเนื่องจากรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนแสดงโดย Figure 1 Figure 2 Figure 3 และ Figure 4 การประเมินผลการตายของมอดยาสูบในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ จาก LD50 และ LD99 จากการฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอน มีผลใกล้เคียงกัน โดยระยะตัวเต็มวัยเป็นระยะที่ทนทานต่อรังสีมากที่สุด รองลงมาคือ ระยะดักแด้ ระยะหนอน และระยะไข่ ตามลำดับ ข้อมูล LD50 และ LD99 ของแต่ละระยะการเจริญเติบโต จะเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการควบคุมกำจัดมอดยาสูบ แต่เมื่อพิจารณาด้านการฉายรังสีเพื่อการกักกันพืช ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้แมลงพัฒนาการเจริญเติบโตจากวัยหนึ่งไปอีกวัยหนึ่ง และทำให้ดักแด้และตัวเต็มวัยเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยที่เป็นหมัน ไม่สามารถแพร่พันธุ์ในพื้นที่ใหม่ได้ (Hallman, 1998) และปริมาณรังสีต่ำ แต่มีประสิทธิภาพ จะลดค่าใช้จ่าย เวลาการฉายรังสี และความเสียหายของผลิตผลการเกษตรลง (Follett และ Weinert, 2012) ดังนั้นความพิการ การอ่อนแอ การไม่กินอาหารของมอดยาสูบแต่ละระยะการเจริญเติบโตและความเป็นหมันของตัวเต็มวัย จึงนำมาพิจารณาร่วม จากข้อมูลการทดลองสรุปได้ว่าปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการควบคุมกำจัดมอดยาสูบคือ 600 เกรย์ ส่วนการพิจารณาว่าจะใช้รังสีแกมมาหรือลำอิเล็กตรอน ต้องมีการศึกษาการบรรจุหีบห่อและคุณภาพของผลิตผลการเกษตรที่ได้รับรังสี ซึ่งจะต้องมีการศึกษาต่อไป

การศึกษาการสร้างเม็ดสี (melanization) นำหนอนหลังฉายรังสี 1 สัปดาห์แล้วแช่เย็นให้ตายที่อุณหภูมิ –18 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แสดงโดย Table 2 พบความแตกต่างค่อนข้างชัดเจนในหนอนวัย 2 (หนอนวัยอ่อน) โดยความแตกต่างจะชัดเจนขึ้นเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น (100-500 เกรย์) พบในรังสีทั้ง 2 ชนิด สามารถจำแนกหนอนฉายและไม่ฉายรังสีได้ โดยการสร้างเม็ดสีจะไม่เกิดกับหนอนฉายรังสี ส่วนในหนอนวัย 4 (หนอนวัยแก่) ไม่ชัดเจน โดย Nation และคณะ (1995) กล่าวว่า รังสีมีผลในการยับยั้งเอ็นไซม์ 1 หรือมากกว่า 1 ตัว ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเม็ดสีของหนอนแมลง ผลการยับยั้งจะแตกต่างกันในแต่ละชนิดแมลงและวัยหนอน การสร้างเม็ดสีของหนอนไม่ฉายรังสี แต่ไม่สร้างในหนอนฉายรังสี เป็นประโยชน์ในการตรวจสอบปลายทาง เพื่อยืนยันว่าหนอนรวมทั้งผลิตผลการเกษตรได้ผ่านการฉายรังสีแล้ว

สรุปผล

ปริมาณรังสีที่เหมาะสมในการควบคุมกำจัดมอดยาสูบคือ 600 เกรย์ พบการเกิดเม็ดสีของหนอนมอดยาสูบวัยอ่อนฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอน 100-500 เกรย์ สามารถจำแนกหนอนฉายและไม่ฉายรังสีได้ เป็นประโยชน์ในด้านการกักกันพืช เพื่อยืนยันว่าหนอนที่พบและผลิตผลการเกษตรผ่านการฉายรังสีปริมาณที่เหมาะสมแล้ว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์ฉายรังสีอัญมณี ที่ช่วยดำเนินการฉายรังสีและให้ข้อมูลทางวิชาการ

เอกสารอ้างอิง

Follett P. A. and Weinert E. D., 2012, Phytosanitary Irradiation of Fresh Tropical Commodities in Hawaii: Generic Treatment, Commercial adoption, and Current Issues, Radiation Physics and Chemistry, 81: 1064-1067

Hallman, G. J., 1998, Ionizing Radiation Quarantine Treatment, An. Soc. Entomol. Bras., 27(3): 313-323.

Nation, J. L., Smittle, B. J., Milne, K., 1995, Radiation-Induced Changes in Melanization and Phenoloxidase in Caribbean Fruit Fly Larvae (Diptera: Tephritidae) as The Basis for a Simple Test of Irradiation, Anuals of the Entomological Society of America, 88: 201-205.

Stanislaw, I. and Dorota, A. L., 1997, Melanization Process in Irradiated Larvae of Moths and Beeties, Pest of Stored Products, Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored- product Protection, 2: 1065-1075.

Table 1 Effects of gamma ray and electron beam on metamorphosis of tobacco beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius).

Stage	LD50 (Gy)		LD99 (Gy)	
	Gamma ray	Electron beam	Gamma ray	Electron beam
Egg	419.11	425.43	829.84	842.55
Larva	425.53	420.52	842.55	832.63
Pupa	798.72	771.61	1581.47	1527.78
Adult	970.87	807.75	1922.33	1599.35

Table 2 Index of melanization (percentage of body encompassed by melanization) for irradiated and non-irradiated larvae of tobacco Beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius).

Radiation/Dose (Gy)		Index of melanization	
		The second instar larva	The forth instar larva
Gamma			
	Control	59.47a	55.12a
	100	48.67b	38.85c
	300	35.91c	58.80ab
	500	46.21b	39.60bc
Electron			
	Control	59.40a	35.16bd
	100	46.67b	41.24bc
	300	39.61c	49.84a
	500	30.93d	38.07bcd

Means values followed by the different letters in the same column are significantly different ($P \leq 0.05$).

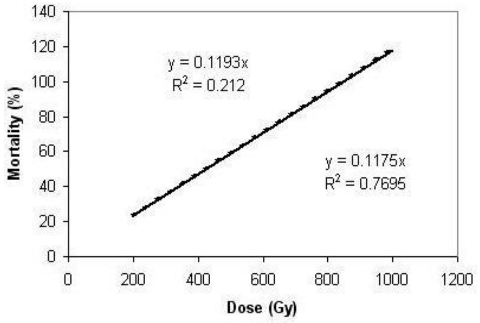


Figure 1 Relationship between radiation doses and percentage of mortality of 3-4–day-old egg of tobacco beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius)

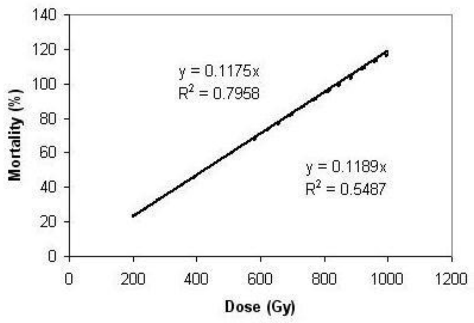


Figure 2 Relationship between radiation doses and percentage of mortality of 15-17–day-old larva of tobacco beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius).

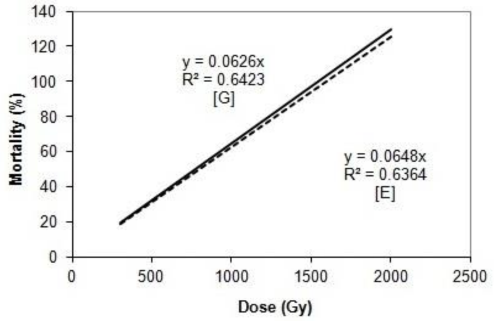


Figure 3 Relationship between radiation doses and percentage of mortality of 3-4–day-old pupa of tobacco beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius)

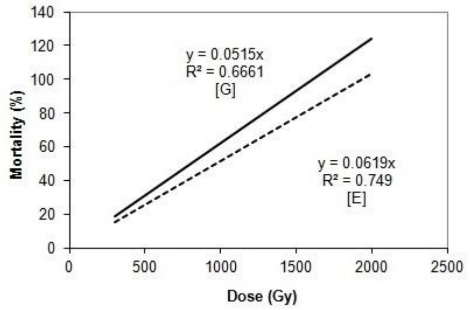


Figure 4 Relationship between radiation doses and percentage of mortality of 10-12–day-old adult of tobacco beetle, *Lasioderma serricorne (*Fabricius).

Remark: G = Gamma ray, E = Electron beam

- - - - = G- Linear mortality (%)

—— = E- Linear mortality (%)

คุณภาพของตังกุยสดในบรรจุภัณฑ์พลาสติกและการยอมรับของผู้บริโภค

The Quality and Consumer Perceptions of Angelica (*Angelica sinensis* Oliv.) in Plastic Bags

บุษกร ประดิษฐนิยกูล[1] วิสะนี เหนือเมฆิน[1] สักขี แสนสุภา[1] ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป[1] และ สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง[1]

Praditniyakul, B.[1], Nuamekin, W.[1], Sansupa, S.[1], Tungsangprateep, S.[1] and Prateepthinthong, S.[1]

Abstract

This study aimed to investigate types of packaging films which affected the physical properties of Angelica for longer shelf-life. The Angelica were packed in a perforated polypropylene bag (PP), a polypropylene bag (PP), an active bag and a high density polyethylene bag, stored at 5°C with 90-95% relative humidity in order to determine color, weight loss, respiration rate, ethylene production rate, chilling injury and the sensory characteristics. The results show that the active bag was the best suitable film for containing Angelica, having the least 0.87 % weight loss compared to 7.76%, 8.66% and 10.21% of perforated PP bag, PP bag and HDPE bag, respectively. The statistical data showed significant difference at 95% confidence level in 0.02 mg CO_2 $hr^{-1}kg^{-1}$ respiration rate of Angelica contained in all other films. In addition, there was the highest 7.85 nL C_2H_4kg.hr ethylene production rate of Angelica in a HDPE bag and no significant difference in color for changing of all films. However, the sensory characteristics which were actuated by the analysis of variance (ANOVA) performed with chilling injury showed that the Angelica in an active bag was the best in overall preferences for consumer perceptions after the 16 day storage.

Keywords: Angelica (*Angelica sinensis* Oliv.), plastic bag, physical properties, consumer perceptions

บทคัดย่อ

การศึกษาหาชนิดของภาชนะบรรจุที่เหมาะสมในการเก็บรักษาตังกุยสด โดยบรรจุตังกุยสดในถุงพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน (Polypropylene ,PP) มีรู, ชนิดพอลิพรอพิลีน (Polypropylene ,PP) ไม่มีรู, ถุง Active และถุงพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High density polyethylene, HDPE) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าตังกุยสดที่บรรจุในถุง Active มีคุณภาพดีที่สุด โดยมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.87 เมื่อเทียบกับตังกุยสดที่บรรจุด้วยถุง PP มีรู, ถุงPP ไม่มีรู และถุง HDPE ซึ่งมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 7.76, 8.66และ 10.21ตามลำดับ ส่วนอัตราการหายใจพบว่าตังกุยสดที่บรรจุในถุง Active มีค่าเท่ากับ 0.02 mg CO_2 $hr^{-1}kg^{-1}$ น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับตังกุยสดที่บรรจุในฟิล์มชนิดอื่นๆ สำหรับการผลิตก๊าซเอทิลีน พบว่าตังกุยสดที่บรรจุในถุง HDPE มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงที่สุด มีค่า 7.85 nL C_2H_4 kg.hr อีกทั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการเปลี่ยนแปลงสีของตังกุยสดในทุกชุดการทดลอง ทั้งนี้เมื่อประเมินลักษณะปรากฏร่วมกับการเกิดอาการสะท้านหนาวของตังกุยสดที่บรรจุด้วยถุง Active นั้น มีลักษณะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด โดยมีอายุการวางจำหน่ายนานถึง 16 วัน

คำสำคัญ: ตังกุยสด ถุงพลาสติก คุณสมบัติทางกายภาพ การยอมรับของผู้บริโภค

คำนำ

ตังกุยหรือโกฐเชียง เป็นพืชวงศ์ Umbelliferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Angelica sinensis* (Oliv) Diels เป็นสมุนไพรจีนที่สามารถปลูกได้ในจังหวัดภาคเหนือและอีสานของไทย ส่วนที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ทางยาและอาหาร คือส่วนราก จัดอยู่ในกลุ่มสมุนไพรที่มีรสอุ่นที่ช่วยกระตุ้นระบบไหลเวียนโลหิต ทำให้เลือดไปเลี้ยงบริเวณต่างๆของร่างกายมากขึ้น ช่วยบำรุงโลหิตสำหรับสตรี ลดการดูดซึมโคเลสเตอรอลเข้าสู่ร่างกาย ต้านการแข็งตัวของเกล็ดเลือดซึ่งเป็นการป้องกันโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด ใช้รักษาโรคเลือดในระบบหัวใจ ให้ความชุ่มชื้นกับลำไส้ ระงับปวด รักษาแผลฝีหนอง และลดอาการบวม เป็นต้น ปัจจุบันมีการขนส่งตังกุยสดจากแหล่งปลูกมาเพื่อทำการแปรรูปเป็นอาหารและยา หากมีการบรรจุตังกุยสดในบรรจุภัณฑ์และอยู่ในสภาวะการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสมกับระยะเวลาในการวางจำหน่าย จะส่งผลให้ผลิตผลไม่เป็นที่ยอมรับของตลาด ดังนั้น การ

[1] ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 196 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Thai Packaging Centre, Thailand Institute of Scientific and Technological Research 196 Phahonyothin Road Chatuchak Bangkok 10900

ศึกษาวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของตังกุยสดในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดต่างๆ ในกล่องขนส่งในสภาวะการเก็บรักษาปกติ ที่สามารถเป็นแนวทางให้ผู้ผลิตเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

ตังกุยสดเก็บเกี่ยวในระยะ 35-45 วัน หลังปลูกจากแปลงเกษตรกรในพื้นที่เพาะปลูกในเขตจังหวัดเชียงใหม่ และขนส่งด้วยรถขนส่งปรับอากาศของ บริษัทนิ่มซี่เซ็ง จำกัด มายังห้องปฏิบัติการของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ในวันเดียวกัน คัดขนาดต้นให้สม่ำเสมอ ปราศจากโรคและแมลง โดยใช้แผนการทดลอง Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 Treatment คือ Treatment 1 บรรจุตังกุยสดในถุงพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน (Polypropylene ,PP) มีรู, Treatment 2 บรรจุในถุงพอลิพรอพิลีน (Polypropylene ,PP) ไม่มีรู, Treatment 3 บรรจุถุงพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High density polyethylene, HDPE) และ Treatment 4 บรรจุถุง Active หลังจากนั้นทำการเก็บรักษา ในกล่องขนส่ง (กล่องโฟม) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ทดลองและบันทึกข้อมูลคุณภาพตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพในระหว่างการเก็บรักษา ทุกวันที่ 0 1 4 7 10 13 และ 16 คือ (1) การสูญเสียน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นวันแรกและทุกๆ 3 วัน ตลอดการเก็บรักษา คำนวณเป็นร้อยละของการสูญเสียน้ำหนัก (2) การผลิตเอทิลีน วัดโดยใช้เครื่อง gas chromatography ที่มีอัตราการไหลของแก๊ส 45 มิลลิลิตร/นาทีอุณหภูมิของ oven 225 องศาเซลเซียส และ injector 150 องศาเซลเซียส และใช้ activated alumina (3) การหายใจ วัดโดยใช้เครื่อง gas chromatography ที่ใช้ thermal conductivity detector (TCD) คำนวณด้วยสูตร free volume x difference in CO_2 x 44 x 273 / 100 x time sealed x sample weight x 22.4 x (273 + store temp $^{\circ}$C) (4) การเปลี่ยนแปลงสีใบ วัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น CM 3500d (5) การเกิดอาการสะท้านหนาว (Chilling Injury) ทำการตรวจวัดโดยการให้คะแนน ในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งแบ่งคะแนนตามระดับความรุนแรงของอาการ 5 ระดับ (ระดับ1-5) และนำมาคำนวณด้วยสูตร(ระดับคะแนน x จำนวนใบที่เกิดอาการ)/จำนวนใบทั้งหมด และ (6) คะแนนสภาพภายนอก ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตังกุยสดที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 16 วัน ตังกุยที่บรรจุในถุง Active มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.87 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เปรียบเทียบกับกับการสูญเสียน้ำหนักของตังกุยสดในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ โดยตังกุยสดที่บรรจุในถุง PP ชนิดมีรู และ ถุง PP ชนิดไม่มีรู มีการสูญเสียน้ำหนัก คือ ร้อยละ 7.76 และ 8.66 ส่วนตังกุยที่บรรจุในถุง HDPE มีร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ10.21 (Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ดนัย และคณะ (2539) ได้ทำการทดลองบรรจุผักกากหอมห่อของบริษัทดอยคำ ในถุงพลาสติก ทั้งถุงพลาสติกพอลีเอทิลีน ที่ปิดสนิท ร่วมกับการใช้แก๊สไนโตรเจน และถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติก PVC เปรียบเทียบกับผักกาดหอมห่อที่ไม่ได้ใช้ภาชนะบรรจุ พบว่า ผักกาดหอมห่อที่บรรจุในภาชนะมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยลง และมีคุณภาพดีกว่าที่ไม่ได้บรรจุในถุงพลาสติก

สำหรับตังกุยสดที่บรรจุใน ถุง PP มีรู, ถุง PP ไม่มีรู และถุง HDPE มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวัน ที่ 11 ของการเก็บรักษา ซึ่งอัตราการหายใจสูงสุดเท่ากับ 0.036 0.033 และ 0.029 mg $CO_2hr^{-1}kg^{-1}$ และพบว่า ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ตังกุยที่บรรจุในถุง Active มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีอัตราการหายใจสูงสุดเท่ากับ 0.008 mg $CO_2hr^{-1}kg^{-1}$ ซึ่งน้อยกว่าชุดการทดลอง อื่นๆ (Figure 2) ส่วนการผลิตเอทิลีนของตังกุยสด พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ซึ่งตังกุยสดที่บรรจุในถุง HDPE มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงสุดเท่ากับ 6.85571 nLC_2H_4kg.hr และถุง Active มีอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำที่สุด เท่ากับ 2.286102 nLC_2H_4kg.hr (Figure 3) และเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่ามีอัตราการเปลี่ยนแปลงสีของตังกุยสดในถุงพลาสติกทุกชนิดใกล้เคียงกัน คือเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และการปรากฏให้เห็นชัดเจนขึ้นของแคโรทีนอยย์ (จริงแท้, 2546) โดยค่า L* แสดงค่าความสว่างของสีมีแนวโน้มลดลงในทุกชุดการทดลอง โดยลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และตังกุยสดที่บรรจุในถุง PP มีรู มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา มีค่า L* เท่ากับ 25.38 ซึ่งน้อยกว่าทุกชุดการทดลอง ส่วนค่า b* แสดงค่าความเป็นสีเหลือง (+) และความเป็นสีฟ้า (-) และค่า a* ซึ่งแสดงถึงค่าความเป็นสีแดง (+) และความเป็นสีเขียว (-) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา และพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการเปลี่ยนแปลงสีของตังกุยสดในทุกบรรจุภัณฑ์ (Figure 4)

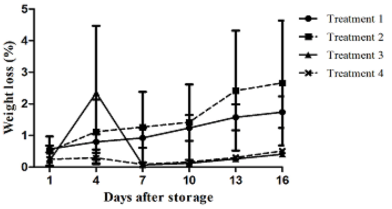


Figure 1 Weight loss

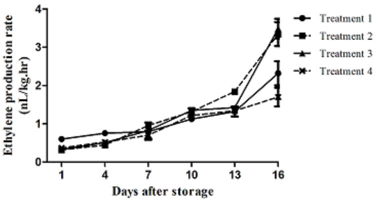


Figure 2 Respiration rate

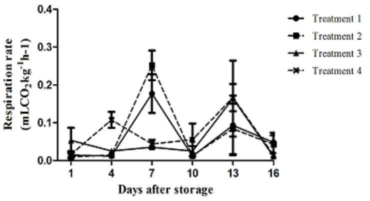


Figure 3 Ethylene production rate

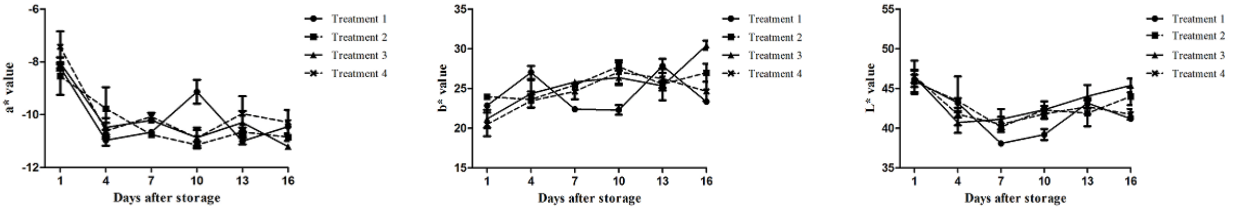


Figure 4 Color changing

การศึกษาลักษณะการเกิดอาการสะท้านหนาวของตังกุยสดในถุงชนิดต่างๆ พบว่า ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ตังกุยสดที่บรรจุในถุง Active มีการอาการสะท้านหนาวน้อยที่สุด ประมาณร้อยละ 21-40 ของทั้งหมด ส่วนตังกุยสดที่บรรจุในถุง PP ไม่มีรู และ ถุง HDPE เกิดอาการสะท้านหนาวมากที่สุด ประมาณร้อยละ 42-60 ส่วนวันที่ 18 ของการเก็บรักษา พบว่าตังกุยสดที่บรรจุในถุง Active มีการเกิดอาการสะท้านหนาวน้อยที่สุด ประมาณ ร้อยละ 21-30 (Figure 5) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปฐมพงศ์ (2546) ได้ศึกษาบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายโหระพา โดยโหระพาที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีน (Polypropylene ,PE) และพอลิพรอพิลีน (Polypropylene ,PP) สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการวางจำหน่ายได้มากกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ซึ่งมีการวางจำหน่ายประมาณ 2-3 วัน โดยโหระพาที่บรรจุถุงพอลิเอทิลีน และถุงพอลิพรอพิลีนมีอายุวางจำหน่าย 10 และ 14 วันตามลำดับ

และเมื่อเริ่มต้นการทดลองพบว่าทุกบรรจุภัณฑ์มีคะแนนลักษณะปรากฏที่ยอมรับได้ในวันแรกของการเก็บรักษาเท่ากับ 5 คะแนน และค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 18 วัน ตังกุยสดที่บรรจุในถุง Active มีคะแนนการประเมินสูงสุด เท่ากับ 3 คะแนน, ถุงPP มีรู และถุง HDPE เท่ากับ 2 คะแนน และถุง PP ไม่มีรู มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคเท่ากับ 1 คะแนน (Figure 6)

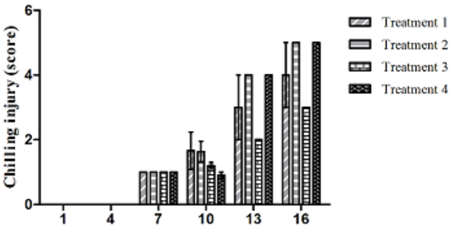


Figure 5 Chilling injury Index

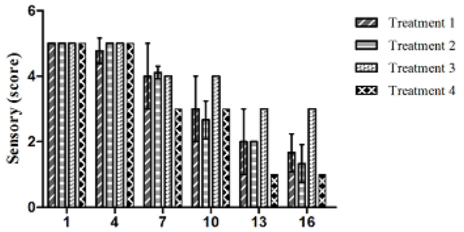


Figure 6 Sensory (Score)

สรุปผล

ตังกุยสดที่บรรจุในถุง Active มีคุณภาพดีที่สุด เมื่อเทียบกับตังกุยสดที่บรรจุด้วยถุง PP มีรู, ถุง PP ไม่มีรู และถุง HDPE โดยมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.87 มีอัตราการหายใจเท่ากับ 0.02 mg $CO_2hr^{-1}kg^{-1}$ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับตังกุยสดที่บรรจุในถุงชนิดอื่นๆ สำหรับการผลิตก๊าซเอทิลีน พบว่าตังกุยสดที่บรรจุในถุง HDPE มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงที่สุด มีค่า 7.85 $nLC_2H_4kg.hr$ อีกทั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการเปลี่ยนแปลงสีของตังกุยสดในถุงชนิดต่างๆ เมื่อประเมินลักษณะปรากฏร่วมกับการเกิดอาการสะท้านหนาวของตังกุยสดที่บรรจุด้วยถุง Active นั้น พบว่ามีลักษณะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด รองลงมาเป็นถุง PP มีรู, ถุง HDPE และ ถุง PP ไม่มีรู ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2546, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 396 หน้า.

ดนัย บุณยเกียรติ, วิลาวัลย์ คำปวน, ทองใหม่ แพทย์ไชโย และสุรศักดิ์ ชาญชำนิ, 2539, กระบวนการลดอุณหภูมิผักกาดหอมห่อ โดยใช้ระบบสุญญากาศ.วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร(พิเศษ):139-142.

ปฐมพงศ์ เพ็ญไชยา, 2546, ผลของสภาพบรรยากาศควบคุมอุณหภมิและบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บ รักษาของโหระพา (*Ocimum basilicum* L.), วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 97 หน้า.

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 113-116 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 113-116 (2556)

อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยไข่เกษตรศาสตร์ 2 ที่มีขนาดต้นและวิธีการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน

Effects of Micro-propagation Plantlet Size and Fertilizer Rates on Growth of 'Kluai Khai KB2' Banana

กัลยาณี สุวิทวัส[1] ภาสันต์ ศารทูลทัต[2] พินิจ กรินท์ธัญญกิจ[1] พิมพ์นิภา เพ็งช่าง[1] เรืองศักดิ์ กมขุนทด[1] และ ขวัญหทัย ทนงจิตร[1]

Suvittawat, K.[1], Saradhuldhat, P.[2], Karintanyakit, P.[1], Phengchang, P.[1], Komkhuntod, R.[1] and Tanongjid, K.[1]

Abstract

This study was conducted at the Pakchong Research Station (14.68N, 101.41E, 323 mMSL) to determine the effects of micro-propagated plantlet size and fertilizer rate on growth of 'Kluai Khai KB 2' banana. Plantlet seizes used in the study were 6, 9, 12 and 19 cm in length. In addition, natural suckers 100 cm long and weighting 3-4 kg were also propagated. The plants were grown starting January 2007 through May 2008. The fertilizer used in the study was a complete fertilizer (15-15-15) at rates of 150g/plant applied monthly from planting to harvest, 150g/plant applied the third month after planting to harvest, and 150g/plant applied at planting, plus monthly application beginning at flowering to harvest. Results showed that plant growth increased and peaked at the sixth month. The growth rates of plantlet sizing 6, 9, 12 and 19 cm were 31.9, 31.3, 34.6 and 39.1 cm/month in height, respectively. Stem circumference growth rates of plantlet sizing 6, 9, 12 and 19 cm were 7.5, 7.8, 8.5 and 9.7 cm, respectively. All plants produced 5-6 leaves per month. The growth rate of natural sucker was 28.3 cm/month in height, 7.8 cm/month in stem circumference, and 4-5 leaves produced per month. The growth rate gradually declined toward floral bud emergence at the eighth month. Since all fertilizer rates increased plant growth, it is recommended that growers should apply fertilizer to ensure maximum growth.

Keywords: *Musa* sp., Kluai Khai, growth rate, fertilizer procedure

บทคัดย่อ

ศึกษาโดยใช้ต้นอ่อนจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหลังย้ายอนุบาลมีขนาดต้นสูง 6.12 (TC 1) 9.38 (TC 2) 12.50 (TC 3) 19.37 (TC 4) ซม. และต้นหน่อธรรมชาติมีขนาด 1 เมตร หนัก 3-4 กก. (NS) และวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี (สูตร 15-15-15 ครั้งละ 150 กรัม/ต้น) 3 วิธี คือ (F 1) ใส่ปุ๋ยทุกเดือนตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว (F 2) ใส่ปุ๋ยทุกเดือนตั้งแต่เดือนที่สามหลังปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว (F 3) ใส่ปุ๋ยครั้งแรกเมื่อเริ่มปลูกและให้ทุกเดือนตั้งแต่เริ่มแทงช่อดอกจนถึงเก็บเกี่ยว วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design ณ สถานีวิจัยปากช่อง (14.6814N, 101.4137E, 323m MSL) ระหว่าง มกราคม 2550 - พฤษภาคม 2551 ผลการทดลองพบว่าอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 6 เดือนแรกเพิ่มขึ้นและเพิ่มมากที่สุดในเดือนที่ 6 ยกเว้นการผลิตใบจากหน่อพันธุ์ที่มีอัตราการผลิตใบลดลงและเพิ่มสูงสุดในเดือนที่ 6 โดย TC1 – TC4 มีอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงต้นเป็น 31.9 31.3 34.6 และ 39.1 ซม./เดือน และมีอัตราเส้นรอบวงโคนต้นเพิ่ม 7.5, 7.8, 8.5 และ 9.7 ซม./เดือน ตามลำดับ อัตราการผลิตใบมีค่า 5-6 ใบ/เดือน ซึ่งไม่แตกต่างกัน ส่วน NS มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยที่สุดโดยมีอัตราการเพิ่มความสูงต้นและขนาดเส้นรอบวงโคนต้นเป็น 28.3 7.8 ซม./เดือน และมีอัตราการสร้างใบ 4-5 ใบ/เดือน จากนั้นอัตราการเจริญเติบโตเริ่มลดลงจนกล้วยแทงช่อดอกในเดือนที่ 8 ผลการทดลองใส่ปุ๋ยพบว่าทั้ง 3 วิธีการให้ปุ๋ยทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นและมากที่สุดในเดือนที่ 6 เช่นกัน จึงเป็นช่วงที่เกษตรกรควรเอาใจใส่ให้มากที่สุดเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง

คำสำคัญ: กล้วย กล้วยไข่ การเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า

---

[1] **สถานีวิจัยปากช่อง สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30130**

[1] Pakchong Research Station, Inseechandrastiya Institute, Kasetsart University, Pakchong, Nakhon Ratchasima 30130, Thailand

[2] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140**

[2] Dept of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

คำนำ

การเจริญเติบโตของพืชสามารถดูได้หลายลักษณะ เช่น ขนาดความสูงต้น เส้นรอบวงต้น จำนวนใบ สีต้น สีใบ เป็นต้น การเจริญเติบโตของพืชหลังปลูกหากเราดูจะพบว่ามีเพิ่มมากขึ้นเรื่อย แต่เราไม่สามารถคาดเดาได้ว่ามีมากน้อยแตกต่างกันในช่วงไหน ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างมากในเรื่องของการบริหารจัดการดูแลรักษาให้ต้นพืชสามารถให้ผลผลิตได้ดีที่สุด โดยเฉพาะพืชล้มลุก เพราะเมื่อให้ผลผลิตแล้วก็จะตายไป กล้วยที่เรารู้จักกันดีและในปัจจุบันเข้ามามีบทบาททางเศรษฐกิจ ไม่ว่าจะเป็นกล้วยหอม กล้วยไข่หรือกล้วยน้ำว้า การดูแลปฏิบัติใส่ปุ๋ย รดน้ำ ฉีดยา ยังคงดูจากการเจริญเติบโตและการแสดงออกของกล้วยซึ่งอาจทำให้ต้นทุนสูงเกินความจำเป็น เช่นการใส่ปุ๋ยกล้วยไข่ทุกเดือน แต่ทำไมกล้วยน้ำว้าใส่ 3 ครั้ง กล้วยหอมใส่เดือนเว้นเดือน หรือบางที่ใส่ตอนแทงปลี แต่ถ้าหากเราทราบถึงอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้วยจะทำให้เราสามารถใส่ปุ๋ย รดน้ำให้กับกล้วยได้ถูกต้องและเกิดประโยชน์สูงสุด และลดต้นทุนและแรงงานลงได้มาก กัลยาณี และคณะ (2555) ได้ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า 8 ชนิดพบว่ากล้วยน้ำว้ามีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้นหลังปลูกลงแปลงและมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่ในเดือนที่ 4 หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตลดลงในลักษณะเพิ่มขึ้นลดลงสลับกันไป และเริ่มหยุดการเจริญเติบโตในเดือนที่ 10 ซึ่งกล้วยเริ่มแทงปลี การดูแลใส่ปุ๋ยจึงควรเน้นหนักในช่วงที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้าแต่ละชนิดก็แตกต่างกันไปแต่เป็นไปในแนวทางเดียวกัน กล้วยไข่ซึ่งเป็นกล้วยเศรษฐกิจและมีการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของกล้วยทุกชนิดในบ้านเรา (กรมศุลกากร, 2555) จึงควรมีการศึกษาเรื่องอัตราการเจริญเติบโต เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการดูแลรักษากล้วยไข่ให้ได้ผลผลิตสูงคุณภาพดีและลดต้นทุนการผลิตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ จัดการทดลองแบบแฟกเทอเรียล (Factorial in Randomized Complete Block Design) 2 ปัจจัย 15 ทรีตเม้นท์ ทรีตเม้นท์ละ 10 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 ใช้ต้นพันธุ์กล้วยพันธ์เกษตรศาสตร์ 2 จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีอายุเท่ากัน (3 เดือน) แต่มีความสูงเฉลี่ยต่างกัน ดังนี้ ขนาดความสูงต้น 6.12 (TC 1), 9.38 (TC 2), 12.50 (TC 3), 19.37 (TC 4) เซนติเมตรและต้นจากหน่อพันธุ์ธรรมชาติที่มีขนาดความสูง 1 เมตรมีน้ำหนัก 3-4 กิโลกรัม (NS) ปัจจัยที่ 2 วิธีการใส่ปุ๋ยเคมี (สูตร 15-15-15 ครั้งละ 150 กรัม/ต้น) ที่แตกต่างกัน 3 วิธี 1) ใส่ปุ๋ยทุกเดือนตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว (F 1) 2) ใส่ปุ๋ยทุกเดือนตั้งแต่เดือนที่สามหลังปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว (F 2) 3) ใส่ปุ๋ยครั้งแรกเมื่อเริ่มปลูกและให้ทุกเดือนตั้งแต่เริ่มแทงปลีจนถึงเก็บเกี่ยว (F 3) นำต้นพันธุ์ตามที่กำหนดปลูกลงในแปลงทดลองที่มีระยะปลูก 2 x 2 เมตร ในหลุมขนาด 50x50x50 เซนติเมตร โดยใช้ปุ๋ยขี้ไก่รองก้นหลุมประมาณหลุมละ 3 กิโลกรัม ให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์ทุก 3-5 วัน กำจัดวัชพืชโดยการถากโคนในระยะแรก เมื่อต้นโตจึงใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชจำพวกพาราควอต ให้ปุ๋ยตามแผนการที่กำหนดโดยการหว่านรอบโคนต้นแล้วพรวนดินผสม ให้น้ำตาม การปฏิบัติดูแลอื่นๆ เช่น การตัดแต่งใบ การตัดแต่งหน่อ การดูแลเรื่องโรคและแมลงเป็นต้น การเก็บข้อมูล ด้านการเจริญเติบโตของกล้วย ศึกษาความสูงต้น ขนาดต้น จำนวนใบ โดยการวัดด้วยไม้เมตร สายเมตรและนับจำนวนใบทุกเดือน จนกระทั่งกล้วยแทงช่อดอก สถานที่ทำการทดลอง สถานีวิจัยปากช่อง ม.เกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ระยะเวลาการดำเนินงาน มกราคม 2550 - พฤษภาคม 2551

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่าอัตราการเจริญเติบโตในช่วง 6 เดือนแรกเพิ่มขึ้นและเพิ่มมากที่สุดในเดือนที่ 6 ยกเว้นการผลิตใบจากหน่อพันธุ์ที่มีอัตราการผลิตใบลดลงและเพิ่มสูงสุดในเดือนที่ 6 โดยมีอัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและเส้นรอบวงเพิ่มขึ้นตามขนาดความสูงต้น ดังนี้ TC1 (31.87, 7.50 cm) TC2 (31.29, 7.75 cm), TC3 (34.60, 8.49 cm) TC 4 (39.06,9.67 cm) ตามลำดับ อัตราการผลิตใบไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 5-6 ใบ ส่วน NS มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยที่สุด (28.30, 7.80 cm) และมีอัตราการผลิตใบ 4-5 ใบ (Table 1) (Figure 1 2 3) จากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะลดลงเรื่อยๆจนกล้วยแทงช่อดอกในเดือนที่ 8 และพบว่าเมื่อกล้วยเริ่มแทงช่อดอกความสูง เส้นรอบวงและใบไม่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจึงเท่ากับศูนย์ ซึ่งเป็นระยะที่กล้วยหยุดการเจริญเติบโตทางลำต้นเทียม (psuedostem) (เบญจมาศ, 2545) ผลการทดลองใส่ปุ๋ยทั้ง 3 วิธีต่ออัตราการเจริญเติบโต พบว่า ทั้ง 3 วิธีการอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นและเพิ่มมากที่สุดในเดือนที่ 6 โดยมีอัตราความสูงต้น 40.04 35.44 และ 22.20 cm ตามลำดับ อัตราเส้นรอบวงต้น 10.08 9.05 และ 5.60 cm ตามลำดับ อัตราการผลิตใบอยู่ในช่วง 5-6 ใบ ทั้ง 3 วิธี และยังพบว่า วิธีที่ 1 มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดในช่วง 6 เดือนแรก หลัง 6 เดือนวิธีที่ 2 มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ส่วนวิธีที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตน้อยที่สุด (Table 1) (Figure 4, 5, 6) สรุปได้ว่ากล้วยไข่เกษตรศาสตร์ 2 ไม่ว่าจะใช้ต้นพันธุ์แบบไหนขนาดเท่าไร หรือมีวิธีการดูแลที่แตกต่างกันอย่างไร อัตราการเจริญเติบโตที่สูงที่สุด

จะอยู่ในช่วง 6 เดือนหลังปลูกลงแปลง ในขณะที่กล้วยมีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น เป็นช่วงที่ควรมีการให้น้ำให้ปุ๋ยอย่างเพียงพอเพื่อที่กล้วยจะได้นำไปใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้เต็มที่ จะทำให้กล้วยแข็งแรงและสมบูรณ์ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้มีปริมาณและคุณภาพสูงตามไปด้วย การเข้าใจถึงอัตราการเจริญเติบโตของกล้วยจะช่วยแบ่งเบาภาระเรื่องการดูแลรักษาลงได้ ทั้งในเรื่องของการประหยัดเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายของปุ๋ย ที่ไม่จำเป็นต้องใช้ทุกเดือน เพราะจะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด แต่ควรใช้ในจังหวะที่กล้วยมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นจะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดมากกว่า ดังนั้นในช่วงนี้จึงควรเป็นช่วงที่เกษตรกรควรเอาใจใส่ให้มากที่สุดเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีที่สุด ซึ่งแตกต่างจากกล้วยน้ำว้าที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดในเดือนที่ 4 หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตลดลง แต่ยังคงมีอัตราเพิ่มขึ้นลดลงสลับกันไปจนกระทั่งกล้วยแทงช่อดอกในเดือนที่ 10 (กัลยาณี และคณะ, 2555) แสดงถึงอิทธิพลของพันธุ์ที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโตในลักษณะที่แตกต่างกัน จึงควรมีการศึกษาเรื่องอัตราการเจริญโตของพืชก่อนที่จะวางแผนบริหารจัดการดูแลพืช เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งต่อพืชและต้นทุนการผลิตอีกด้วย

สรุปผล

1. ต้นพันธุ์กล้วยไข่แต่ละขนาดมีอัตราการเจริญเติบโตที่คล้ายกัน โดยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดขึ้นในเดือนที่ 6 โดยมีอัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและเส้นรอบวงเพิ่มขึ้นตามขนาดความสูงต้น ดังนี้ TC 1 (31.87, 7.50 cm) TC 2 (31.29, 7.75 cm) TC 3 (34.60, 8.49 cm) TC 4 (39.06, 9.67 cm) ตามลำดับ อัตราการผลิตใบไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 5-6 ใบ ส่วน NS มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยที่สุด (28.30, 7.80 cm) และมีอัตราการผลิตใบ 4-5 ใบ
2. อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยไข่ต่อวิธีการใส่ปุ๋ย ทั้ง 3 วิธีการอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นและเพิ่มมากที่สุดในเดือนที่ 6 วิธีที่ 1 มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดในช่วง 6 เดือนแรก หลัง 6 เดือนวิธีที่ 2 มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ส่วนวิธีที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร, 2555, สถิติการนำเข้า–ส่งออก, [สืบค้น], http://www.customsclinic.org/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=4%3Aimport-and-export-statistic-&Itemid=222&lang=th [11/ January/ 13].

กัลยาณี สุวิทวัส ภาสันต์ ศารทูลทัต พินิจ กรินท์ธัญญกิจ พิมพ์นิภา เพ็งช่าง เรืองศักดิ์ กมขุนทด และ ขวัญหทัย ทะนงจิตร, 2555, อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า 8 พันธุ์ จากต้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, การประชุมพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 11 ระหว่างวันที่ 1-3 กุมภาพันธ์ 2555.

เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2545, กล้วย, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 357 หน้า.

Table 1 Effect of plantlet size and fertilizer application on growth rate of Kluai Khai 'Kasetsart 2' cultivar

	Growth rate of leaf, height (Hp.) and circumference (Ccp.) pseudostem (cm.) Kluai Khai 'Kasetsart 2' cultivar																							
	Plantlet size															Fertilizer application								
	Growth rate of Height Pseudostem(cm.)					Circumference Pseudostem (cm.)					Growth rate of Banana leaf					Growth rate of Height Pseudostem(cm.)			Circumference Pseudostem (cm.)			Growth rate of Banana leaf		
Month	TC1	TC2	TC3	TC4	NS	TC1	TC2	TC3	TC4	NS	TC1	TC2	TC3	TC4	NS	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
3	9.04	7.03	4.13	2.77	2.63	2.9	2.02	2.27	2.1	1.1	5.36	4.87	5.3	5.3	5.27	5.43	5.47	4.46	2.35	1.79	2.1	5.26	5.01	5.4
4	8.37	8.28	11.97	14.46	11.07	2.93	3.47	6.03	7.14	3.33	5.33	5.23	5.4	4.93	4.57	21.3	6.22	4.96	7.56	3.11	3.08	5.7	4.84	4.74
5	20.35	22.47	28.09	26.47	26.83	5.38	5.58	5.01	4.56	3.37	5.13	5.07	5.23	4.97	4.27	32.92	27.08	14.53	7.45	4.4	2.48	5.04	5.14	4.62
6	31.87	31.29	34.6	39.06	28.3	7.5	7.75	8.49	9.67	7.8	5.57	5.83	5.57	5.3	4.97	40.04	35.44	22.2	10.08	9.05	5.6	5.5	5.74	5.1
7	28.36	21.39	20.8	20.81	20.44	5.9	6.34	6.06	6.46	5.3	4.3	3.93	4	3.97	3.8	24.28	27.84	14.96	5.21	8.16	4.67	3.92	4.26	3.82
8	18.16	24.68	24.44	24.53	23.15	5.54	5.74	5.37	4.78	2.32	3.67	3.77	3.53	3.4	3.13	27.09	23.54	18.34	4.72	5.33	4.14	3.36	3.6	3.54

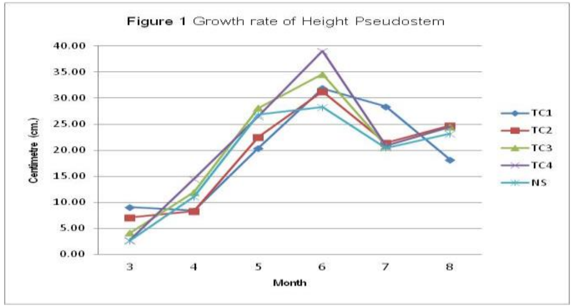


Figure 1 Growth rate of Height Pseudostem

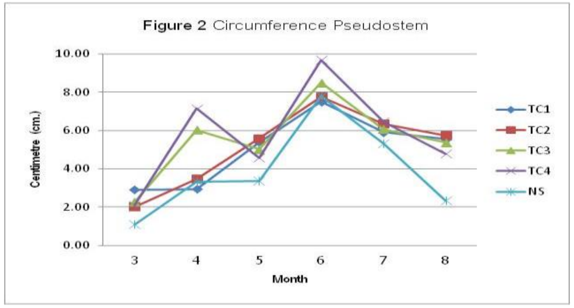


Figure 2 Circumference Pseudostem

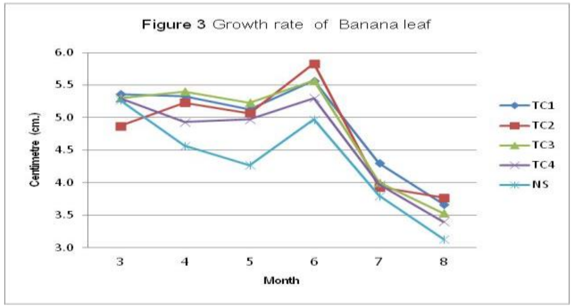


Figure 3 Growth rate of Banana leaf

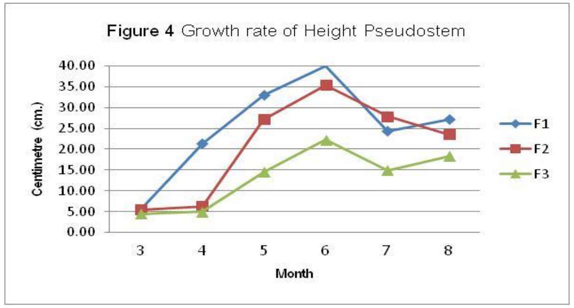


Figure 4 Growth rate of Height Pseudostem

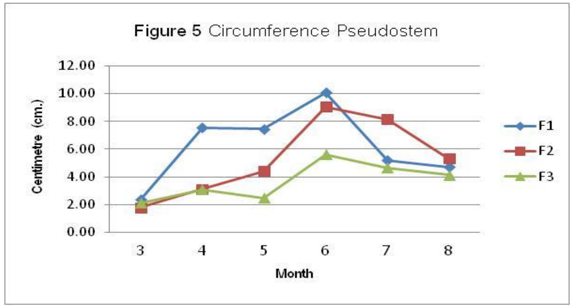


Figure 5 Circumference Pseudostem

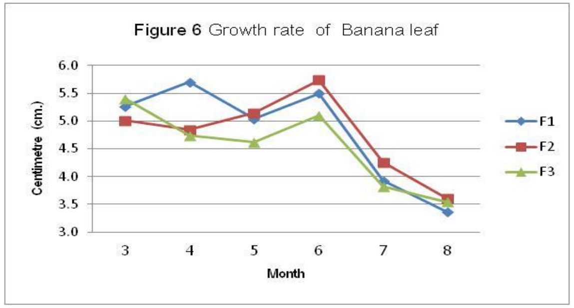


Figure 6 Growth rate of Banana leaf

การเจริญเติบโตของหัวข้าวเย็น (*Dioscorea birmanica* Prain & Burkill) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่อายุเก็บเกี่ยวต่าง ๆ

Growth of Hau-Khao-Yen (*Dioscorea birmanica* Prain & Burkill) and Antioxidant Capacity at Different Harvest Times

ปิยาภัทร์ เข็มวิชัย[1] ภาณุมาศ ฤทธิไชย[1] เยาวพา จิระเกียรติกุล[1] และ อรุณพร อิฐรัตน์[2]

Khemwichai, P.[1], Rithichai, P.[1], Jirakiattikul, Y.[1] and Itharat, A[2]

Abstract

The rhizomes of Hau-Khao-Yen (*Dioscorea birmanica* Prain & Burkill) have been used to treat cancer in Thai traditional medicine. In order to cultivate this plant for medicinal purpose, information of growth and antioxidant accumulation is still limited. Thus, growth and antioxidant capacity at different harvest times were studied in this experiment. The 12-20 cm in length of mother rhizomes (MR) were cultivated individually in the plastic pots and kept under 70% shading. The plants were harvested at 3 months intervals until 15 months after planting (MAP). Results exhibited that dry weight of aboveground shoots rapidly increased during 3 to 6 MAP. Leaves subsequently dried and finally exhibited senescence which resulted in the declining of aboveground shoot dry weight during 9 to 15 MAP. The daughter rhizomes (DR) were formed at 3 MAP. Dry weight of DR increased rapidly during 3 to 9 MAP, thereafter it was consistent until 15 MAP. Antioxidant capacity of the MR was higher than that of the DR, regardless of harvest times. In DR, total phenolic content and DPPH radical scavenging capacity were relatively low during 3 to 9 MAP and became greater during 12 to 15 MAP.

Keywords: *Dioscorea birmanica*, growth, total phenolic content, DPPH radical scavenging capacity

บทคัดย่อ

หัวข้าวเย็น (*Dioscorea birmanica* Prain & Burkill) เป็นพืชสมุนไพรที่ใช้เหง้าในการรักษาโรคมะเร็งในตำรับยาไทย อย่างไรก็ตามการปลูกเพื่อนำเหง้ามาใช้เป็นยาสมุนไพร ข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระยังมีค่อนข้างจำกัด ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุต่างๆ โดยใช้หัวพันธุ์ที่มีความยาว 12 ถึง 20 เซนติเมตร ปลูกในกระถางพลาสติกและวางในโรงเรือนพรางแสง 70 เปอร์เซ็นต์ เก็บเกี่ยวทุก ๆ 3 เดือนจนถึงอายุ 15 เดือนหลังปลูก พบว่าลำต้นเหนือดินที่อายุ 3 ถึง 6 เดือนหลังปลูก มีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นใบแห้งและร่วง ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของลำต้นเหนือดินลดลงในช่วงอายุ 9 ถึง 15 เดือนหลังปลูก เหง้าหัวลูกเริ่มมีการพัฒนาเมื่ออายุ 3 เดือนหลังปลูก ในช่วงอายุ 3 ถึง 9 เดือนหลังปลูกมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่จนถึงอายุ 15 เดือนหลังปลูก ในเหง้าหัวแม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเหง้าหัวลูกในทุกอายุเก็บเกี่ยว เหง้าหัวลูกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ค่อนข้างต่ำในช่วง 3 ถึง 9 เดือนหลังปลูก และหลังจากนั้นจะสูงขึ้นช่วงอายุ 12 ถึง 15 เดือนหลังปลูก

คำสำคัญ: *Dioscorea birmanica* การเจริญเติบโต ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

คำนำ

หัวข้าวเย็น (*Dioscorea birmanica* Prain & Burkill) เป็นพืชสมุนไพรไทยอยู่ในวงศ์ Dioscoreaceae อยู่ในหมู่ (section) *Stenophora* (Huber, 1998) เป็นไม้เลื้อย มีหนาม ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ สะสมอาหารในเหง้า แพทย์แผนไทยนิยมนำเหง้ามาใช้ในตำรับยา เพื่อรักษาโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคน้ำเหลืองเสีย โรคเอดส์ โรคโลหิตเป็นพิษ มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ระงับปวด ลดไข้ ต้านเซลล์มะเร็งปอด (อาทิมา และคณะ, 2548; วันทนา และคณะ, 2550) และยังพบว่ามีฤทธิ์ต้าน

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120

[1] Department of Agricultural Technology, Faculty of science and Technology, Thammasat University, Rangsit campus, Pathumthani 12120

[2] สาขาวิชาแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120

[2] Applied Thai Traditional Medicine, Faculty of Medicine, Thammasat University, Rangsit campus, Pathumthani 12120

อนุมูลอิสระ (Jaiarree, 2010) ปัจจุบันวัตถุดิบของหัวข้าวเย็นที่นำมาใช้เป็นยาสมุนไพรได้จากการขุดเหง้ามาจากป่าเท่านั้น ซึ่งการนำเหง้าจากป่ามาใช้อย่างต่อเนื่องนอกจากจะเป็นการทำลายพันธุกรรมของพืชแล้วยังเป็นการทำลายระบบนิเวศน์และสภาพแวดล้อมอีกด้วย อย่างไรก็ตามการปลูกหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) เพื่อนำเหง้ามาเป็นยาสมุนไพรมีข้อมูลการเจริญเติบโตและการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างจำกัด ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) ที่มีความยาวหัวพันธุ์ 12-20 เซนติเมตร จากจังหวัดเพชรบูรณ์ เมื่อหัวพันธุ์มีลำต้นเหนือดินงอกสูงประมาณ 30 เซนติเมตร นำมาปลูกในกระถางพลาสติกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร บรรจุวัสดุปลูกคือ ดินใบก้ามปูหมัก ทรายหยาบ ดินผสม ปุ๋ยคอก และถ่านแกลบ อัตราส่วน 2:2:1:1:1 โดยปริมาตร กระถางละ 35 กิโลกรัม ให้น้ำทุกวัน ใส่ปุ๋ย 16-16-16 อัตรา 10 กรัม/กระถาง ในวันปลูกและหลังปลูกทุกๆ เดือน วางในโรงเรือนพรางแสง 70% และปักค้าง เก็บเกี่ยวหัวข้าวเย็นเมื่ออายุ 3 6 9 12 และ 15 เดือนหลังปลูก โดยสุ่ม 4 ต้น และบันทึกข้อมูลดังนี้

1) ลำต้นเหนือดิน บันทึกจำนวนลำต้นที่พัฒนาและลำต้นที่ตาย น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นเหนือดิน โดยน้ำหนักแห้งอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง
2) เหง้า บันทึกน้ำหนักสดโดยชั่งเหง้าทั้งหมด และแยกชั่งน้ำหนักหัวพันธุ์หรือหัวแม่ และหัวลูกหรือเหง้าที่สร้างขึ้นมาใหม่ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง
3) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ นำเหง้าหัวแม่และหัวลูกมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดตามวิธีของ Folin-Ciocalteu assay (1972) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยวิธี DPPH radical scavenging assay ตามวิธีของ Jaiarree (2010)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การพัฒนาของลำต้นเหนือดิน หัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) มีรูปแบบการเจริญเติบโตเหมือนพืชหัวในสกุล *Dioscorea* โดยทั่วไป (Craufurd และคณะ, 2001; Lebot, 2009) ลำต้นและใบมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วในช่วงอายุ 6 เดือนหลังปลูก โดยมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นจาก 58.83 ± 30.58 กรัม/ต้น และ 1.8 ต้นเมื่ออายุ 3 เดือนหลังปลูก เป็น 116.09 กรัม/ต้น และ 2.3 ต้น เมื่ออายุ 6 เดือนหลังปลูก หลังจากนั้นจะมีน้ำหนักแห้งและจำนวนลำต้นเหนือดินลดลง เนื่องจากใบแห้งและร่วง รวมทั้งลำต้นเหนือดินค่อยๆแห้งในช่วงอายุ 9 ถึง 12 เดือนหลังปลูก ซึ่งเป็นระยะการเจริญเติบโตหนึ่งในวงจรชีวิตของพืชสกุล *Dioscorea* (Craufurd และคณะ, 2001; Lebot, 2009) ลำต้นเหนือดินจะงอกขึ้นมาใหม่เมื่ออายุ 15 เดือนหลังปลูกแต่ยังไม่มีการพัฒนาของใบ (Figure 1A, 1B, 3A, 3B และ 3C) ซึ่งแตกต่างจากหัวข้าวเย็น (*D. membranacea*) แม้จะมีการร่วงของใบและลำต้นแห้งตั้งแต่อายุ 6 เดือนหลังปลูก แต่ยังมีลำต้นและใบพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดการปลูก 15 เดือน (Rithichai และคณะ, 2013)

การพัฒนาของเหง้า เหง้าหัวลูกเริ่มมีการพัฒนาเมื่ออายุ 3 เดือนหลังปลูก และมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยมีน้ำหนักแห้งเพิ่มจาก 7.27 ± 3.71 กรัม/ต้น เมื่ออายุ 3 เดือนหลังปลูก เป็น 158.26 ± 60.44 กรัม/ต้น เมื่ออายุ 9 เดือนหลังปลูก หลังจากนั้นการพัฒนาของเหง้าค่อนข้างคงที่จนถึงอายุ 15 เดือนหลังปลูก มีน้ำหนักแห้ง 174.98 ± 85.37 กรัม/ต้น (Figure 1A, 3D และ 3E) การสร้างเหง้าใหม่ของหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) ให้ผลเช่นเดียวกับ พืชในสกุล *Dioscorea* ชนิดอื่นๆ ที่เริ่มมีการสร้างเหง้าใหม่ในช่วง 2 ถึง 3 เดือนหลังปลูก (Craufurd และคณะ, 2001) รวมทั้งหัวข้าวเย็น (*D. membranacea*) ที่เริ่มสร้างเหง้าหัวลูกเมื่ออายุ 3 เดือนหลังปลูก (Rithichai และคณะ, 2013) การพัฒนาของเหง้าหัวลูกของหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของลำต้นเหนือดิน คือเมื่ออายุ 3 ถึง 6 เดือนหลังปลูก ลำต้นเหนือดินมีการเจริญเติบโตดี มีการสร้างอาหารส่งไปยังเหง้าหัวลูกจึงส่งผลให้เหง้ามีพัฒนาการอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อลำต้นเหนือดินแห้งและใบร่วง ในช่วงอายุ 9 ถึง 15 เดือนหลังปลูก เหง้าหัวลูกจึงมีพัฒนาการค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้เหง้าหัวแม่ของหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) ยังคงสภาพสมบูรณ์ตลอดระยะการเจริญเติบโตจนถึงอายุ 15 เดือนหลังปลูก ซึ่งแตกต่างจากหัวข้าวเย็น (*D. membranacea*) ที่หัวแม่ฝ่อตั้งแต่อายุ 9 เดือนหลังปลูก (Rithichai และคณะ, 2013) อาจเป็นเพราะหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) มีเนื้อเหง้าที่แข็ง

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในเหง้าหัวแม่ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าเหง้าหัวลูกในทุกระยะเก็บเกี่ยว เนื่องจากเหง้าหัวแม่ที่นำมาปลูกได้มาจากป่าซึ่งเป็นเหง้าที่แก่จึงให้ปริมาณสารต้าน

อนุมูลอิสระสูง ส่วนในเหง้าหัวลูกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดค่อนข้างต่ำ 32.08± 7.86 ถึง 45.48±3.68 mg GAE/g dry extract ในช่วง 3 ถึง 9 เดือนหลังปลูก และหลังจากนั้นจะสูงขึ้นเมื่ออายุ 12 และ 15 เดือนหลังปลูก โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดเท่ากับ 67.05±10.79 และ 72.98±14.10 mg GAE/g dry extract ตามลำดับ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงขึ้นตามอายุเก็บเกี่ยว โดยที่อายุ 12 และ 15 เดือนหลังปลูก มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 18.63±2.54 และ 17.77±3.49 mg/g dry extract ตามลำดับ (Figure 2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหง้าหัวลูกเริ่มแก่ จึงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น

การเก็บเกี่ยวผลผลิตของพืชที่มีการสะสมอาหารในลำต้นใต้ดิน โดยทั่วไปมักจะเก็บเกี่ยวเมื่อลำต้นเหนือดินแห้งและใบร่วง (Lebot, 2009) จากการศึกษาการพัฒนาของหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) ลำต้นเหนือดินแห้งและใบร่วง เมื่ออายุ 9 เดือนหลังปลูก การเก็บเกี่ยวในระยะนี้จะได้เหง้าที่มีทั้งเหง้าหัวแม่และหัวลูก แต่เหง้าหัวลูกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวเหง้าที่อายุ 12 และ 15 เดือนหลังปลูกที่เหง้าหัวลูกเริ่มแก่ แต่ยังคงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเหง้าหัวแม่ ดังนั้นในการปลูกหัวข้าวเย็น (*D. birmanica*) เพื่อนำมาผลิตยาสมุนไพร โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในปริมาณที่สูงและเก็บเกี่ยวได้เร็ว จึงควรเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 12 เดือนหลังปลูก แต่เนื่องจากเหง้าหัวลูกยังคงอ่อนจึงควรทำการศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวที่ยาวนานขึ้น

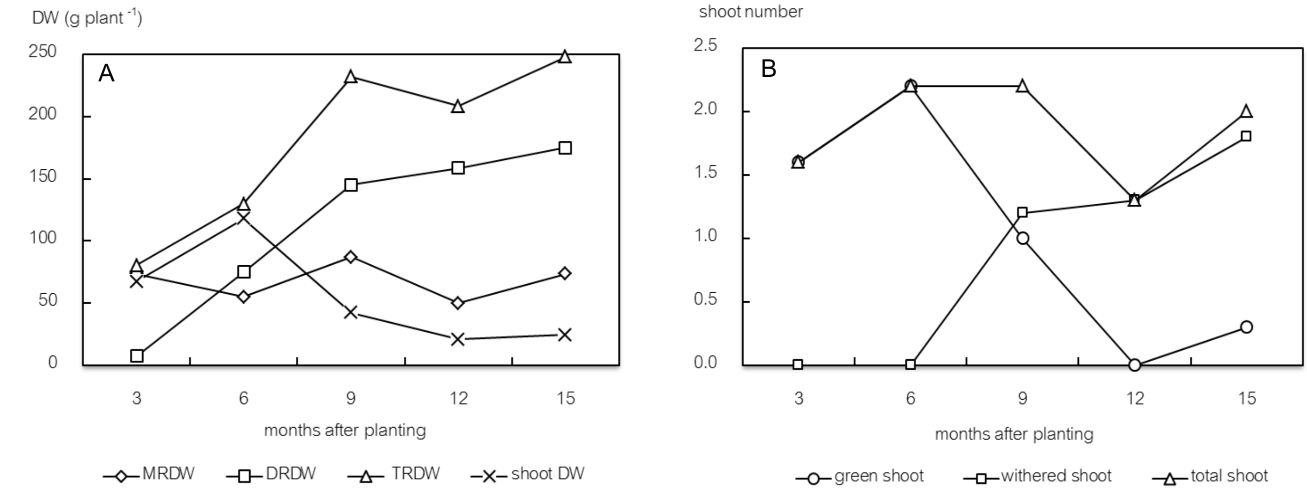


Figure 1 A: Dry weight (DW) of mother rhizome (MR) , daughter rhizome (DR) , total rhizome dry weight (TRDW) and shoot dry weight and B: number of shoots of *D. birmanica* at different harvest times.

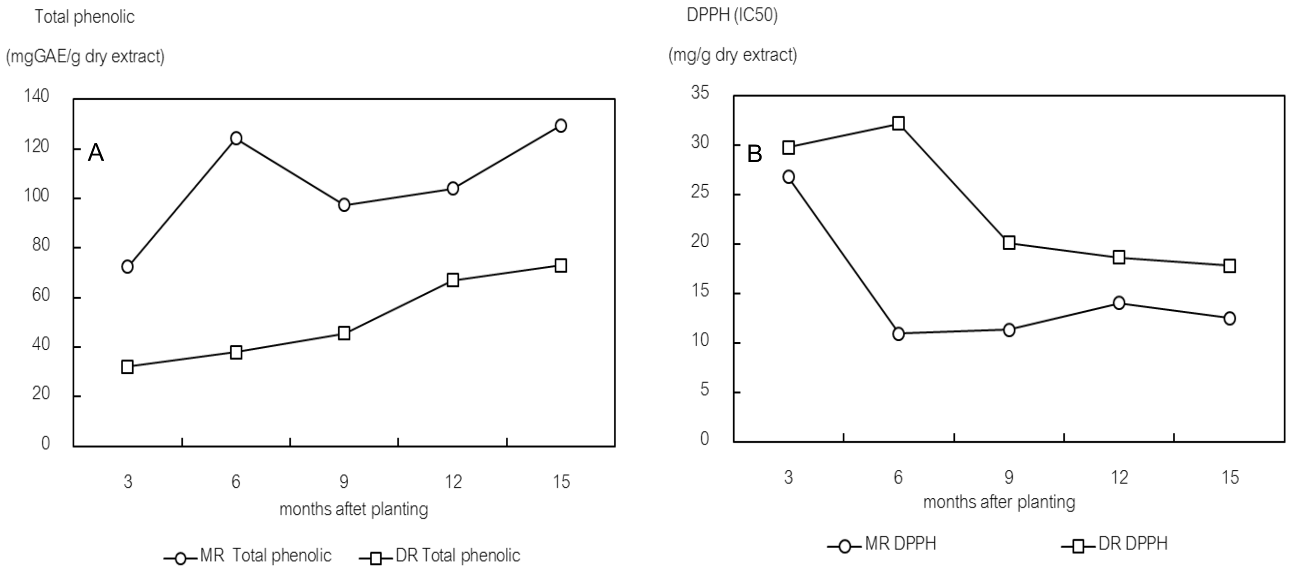


Figure 2 Antioxidant capacity in mother rhizome (MR) and daughter rhizome (DR) of *D. birmanica* at different harvest times. A: total phenolic content and B: DPPH radical scavenging capacity (IC50)

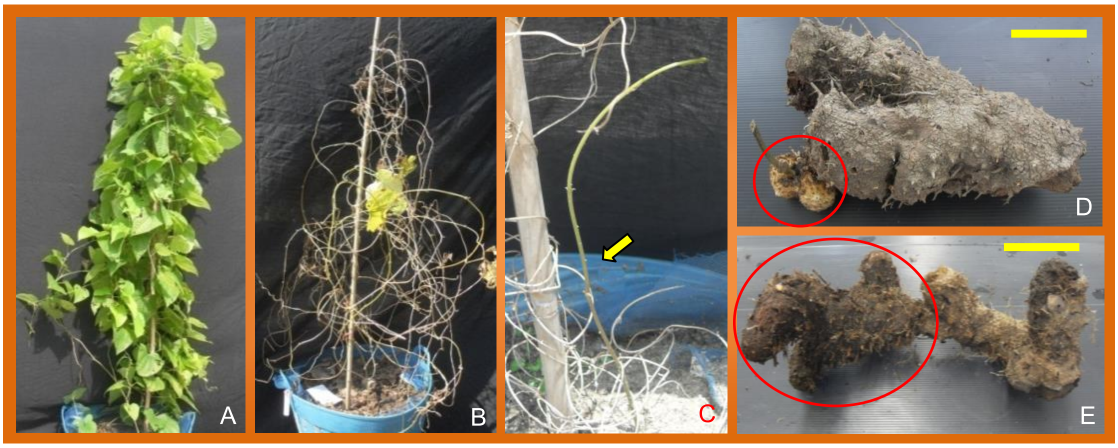


Figure 3 Aboveground shoots of *D. birmanica* at 6 month after planting (MAP: A), withered shoots at 9 MAP (B), green shoot appeared at 15 MAP (C), mother and daughter rhizome (circle) at 3 MAP (D) and 15 MAP (E). Bar represented 5 cm in 3D and 3E.

สรุปผล

หัวข้าวเย็นมีการเจริญเติบโตของลำต้นเหนือดินอย่างรวดเร็วในช่วงอายุ 6 เดือนหลังปลูก หลังจากนั้นใบแห้งและร่วงจนถึงอายุ 15 เดือนหลังปลูก เหง้าหัวลูกเริ่มมีการพัฒนาเมื่ออายุ 3 เดือนหลังปลูก ในช่วงอายุ 3 ถึง 9 เดือนหลังปลูกมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่จนถึงอายุ 15 เดือนหลังปลูก ในเหง้าหัวแม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเหง้าหัวลูกในทุกอายุเก็บเกี่ยว เหง้าหัวลูกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ค่อนข้างต่ำในช่วง 3 ถึง 9 เดือนหลังปลูก และสูงขึ้นช่วงอายุ 12 ถึง 15 เดือนหลังปลูก ดังนั้นในการปลูกเพื่อนำมาผลิตยาสมุนไพร และให้ได้สารสำคัญในปริมาณที่สูงขึ้น เก็บเกี่ยวได้เร็ว จึงควรเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 12 เดือนหลังปลูก

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

วันทนา เหรียญมงคล อรุณพร อิฐรัตน์ และ พิศิษฐ์ บัวแก้ว, 2550, ตรวจหาฤทธิ์แก้อักเสบ ระงับปวดและลดไข้ของสารสกัดจากเหง้าหัวข้าวเย็นในหนูทดลอง, วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 29: 49-57.

อาทิมา แซ่ตั้ง อรุณพร อิฐรัตน์ ชวบูลย์ เดชสุขุม ฉัตรชัย วัฒนาภิรมย์สกุล นิวัติ แก้วประดับ และ ปราณี รัตนสุวรรณ, 2548, การศึกษาฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งของสมุนไพรไทยที่ใช้ในการรักษาโรคมะเร็ง, วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 27: 469-478.

Craufurd, P.Q., Summerfield, R.J., Asiedu, R. and Vara, P.P.V., 2001, Dormancy in Yams, Experimental Agriculture, 37: 147-181.

Folin, O. and Ciocalteu, V., 1927, On Tryptophan Determination in Proteins, Journal of Chemical Biology, 27: 627-650.

Huber, H., 1998, Dioscoreaceae, The Families and Genera of Vascular Plants, Vol. III Flowering Plants Monocotyledons, Lilianae (except Orchidaceae), Springer, Germany, pp. 216-235.

Jaiarree, N., 2010, Biological activities of *Dioscorea birmanica* Prain & Burkill Extract and Its Active Ingredients, Doctoral Thesis in Medical Sciences, Faculty of Medicine, Thammasat University.

Lebot, V, 2009, Tropical Root and Tuber Crops Cassava, Sweet Potato, Yam and Aroids, MPG Book group, UK, 413.

Rithichai, P., I, Itharat, A., Jirakiattikul, Y. and Ruangnoo, S., 2013, Growth of *Dioscorea membranacea* Pierre ex Prain & Burkill and Dioscorealide B Content at Different Harvest Times, Pharmacologyonline, 1: 225-229.

การสกัดและองค์ประกอบทางกายภาพ-เคมีของสตีเวียไซรัป

Extraction and Physico-chemical Properties of Stevia Syrup

วทันยา ลิมปพยอม[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Limpaphayom, V.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Extraction of stevia syrup from *Stevia rebaudiana* Bertoni with different ratios of water and ethanol (100:0, 70:30, 50:50, 30:70 and 0:100) for 4, 8, 12 and 24 h at 65°C. Although stevia syrup extracted with water:ethanol at (100:0) for 12 h and water:ethanol at 70:30 for 24 h had the highest yield at 73.67%. Stevia syrup extracted with water:ethanol at 30:70 for 4 h had the highest total sugar (70.87 g/ 100 mL extracts), non-reducing sugar (56.51 g/ 100 mL extracts) and steviol glycoside (2611.07 mg/ 100 mL extracts). The color of stevia syrup was a dark greenish yellow (hue angle ranged from 93-108).

Keywords: stevia, stevia syrup, steviol glycoside

บทคัดย่อ

การสกัดสตีเวียไซรัปจากหญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana* Bertoni) ด้วยตัวทำละลายน้ำต่อเอทานอลแปรสัดส่วน 100:0, 70:30, 50:50, 30:70 และ 0:100 นาน 4, 8, 12 และ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 65°C ระเหยแห้งได้ไซรัป ถึงแม้ว่าสตีเวียไซรัปที่สกัดด้วยน้ำต่อเอทานอล (100:0) นาน 12 ชั่วโมง และน้ำต่อเอทานอล 70:30 นาน 24 ชั่วโมง มีร้อยละผลผลิต (%yield) สูงที่สุด เท่ากับ 73.67 แต่สตีเวียไซรัปที่สกัดด้วยสัดส่วน (30:70) นาน 4 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (70.87 g/ 100 mL ของสารสกัด) ปริมาณน้ำตาลนอนรีดิวซ์ (56.51 g/ 100 mL ของสารสกัด) สูงที่สุด และให้ปริมาณของสตีวิออล ไกลโคไซด์มากที่สุด เท่ากับ 2,611.07 mg/ 100 mL ของสารสกัด ซึ่งสตีเวียไซรัปที่ได้มีสีเขียวเหลืองจนถึงสีเขียวเหลืองเข้ม (มีค่า h° ระหว่าง 93-108)

คำสำคัญ: หญ้าหวาน สตีเวียไซรัป สตีวิออล ไกลโคไซด์

คำนำ

หญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana* Bertoni) มีสารให้ความหวานที่เรียกว่า สตีวิโอไซด์ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว โดยเฉลี่ยมีความหวานมากกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 200-300 เท่า แต่มีพลังงานต่ำกว่าถึง 300 เท่า มีรสฝาดขม แต่ไม่มีรสชาติหลังการกลืน (after taste) ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง มีความคงตัวสูงต่อสภาพความเป็นกรด-ด่าง ที่ pH 1-10 อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ไม่เกิดการสลายตัวของสตีวิโอไซด์ (Esmat และคณะ, 2010) และสามารถใช้ได้ในสภาพที่ร้อนหรือเย็น (Chang และ Cook, 1983) ตลอดจนอุณหภูมิสูงมากขนาดอุณหภูมิที่ใช้ในการอบขนมเค้ก (200°C) (Tanaka, 1988) สารหวานที่มีในหญ้าหวานมีปริมาณมากบริเวณใบ แต่ปริมาณไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับฤดูกาล อายุของต้นพืช สายพันธุ์ ระยะเวลาในการส่องสว่างของแสงแดดและอุณหภูมิของอากาศ (Geuns, 2003) สำหรับการสกัดสตีวิโอไซด์ สามารถสกัดโดยใช้น้ำ เมทานอลและเอทานอลเป็นตัวทำละลาย และยังสามารถใช้ supercritical CO_2 ได้ แต่การใช้ CO_2 เพียงชนิดเดียวในการสกัดไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับการสกัดสารสตีวิโอไซด์ซึ่งเป็นสารที่มีขั้วได้ การสกัดสตีวิโอไซด์ นอกจากต้องเลือกตัวทำละลายให้เหมาะสมแล้วยังต้องคำนึงถึงอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดเพื่อให้สามารถสกัดสตีวิโอไซด์ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่ปัจจัยที่สำคัญคือ ขนาดอนุภาคของใบหญ้าหวานแห้งก่อนนำมาสกัด ถึงแม้การสกัดสารให้ความหวานจากหญ้าหวานด้วยน้ำเป็นวิธีดั้งเดิม สะดวก ง่าย และมีความปลอดภัยสูงมากต่อผู้บริโภค แต่ต้องใช้อุณหภูมิในการสกัดค่อนข้างสูง (85-95°C) (Intraphanich, 1982; Lui และคณะ, 1997) เมื่อเทียบกับการใช้เมทานอล เอทานอล และตัวทำละลายผสมเป็นตัวทำละลายร่วม (Pasquel และคณะ, 2000; Choi และคณะ, 2002; Yoda และคณะ, 2003; Pol และคณะ, 2007) งานวิจัยนี้จึงศึกษาการสกัดสารให้ความหวานจากหญ้าหวานด้วยน้ำผสมเอทานอลที่สัดส่วนต่างๆ ให้ได้สารหวานในรูปของสตีเวียไซรัป (stevia syrup) และศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ-เคมี ของสตีเวียไซรัปที่ได้

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tein-talay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมใบหญ้าหวานแห้ง มีปริมาณความชื้นร้อยละ 7.36 ปั่นด้วย blender (รุ่น M20, IKA-Werke, Germany) ให้ละเอียด (ขนาดประมาณ 80 mesh) นำใบหญ้าหวานแห้งไปสกัดสารให้ความหวาน (สตีเวียไซรัป) ด้วยตัวทำละลาย โดยแปรสัดส่วนน้ำต่อเอทานอล เป็น 100:0, 70:30, 50:50, 30:70 และ 0:100 นาน 4, 8, 12 และ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 65°C กรองเอากากหญ้าหวานออกโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารสกัดที่ได้ไประเหยแห้งด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 45°C ความดัน 70 mbar ได้สตีเวียไซรัป โดยทุกสภาวะควบคุมปริมาณของแข็งละลายน้ำ เท่ากับ 66.5°Brix ส่วนกากนำไปสกัดซ้ำด้วยตัวทำละลายน้ำต่อเอทานอลที่สัดส่วนเดิม ระเหยและนำสตีเวียไซรัปที่ได้ไปรวมกับครั้งแรก จากนั้นนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ-เคมี ได้แก่

ปริมาณร้อยละของผลผลิตที่ได้ (%yield) ค่าของแข็งละลายน้ำ (total soluble solids; TSS) ด้วย Refractometer (รุ่น PAL-α, ATAGO, Japan) ค่าสี (L*, a*, b* value) โดยใช้เครื่อง Colorimeter (รุ่น MiniScan, HunterLab, USA.) ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index; BI) นำค่า L*, a* และ b* มาคำนวณโดยใช้สมการ (Palou และคณะ, 1999) ดังนี้

$$BI = [100 * (X - 0.31)] / 0.172 \quad (1)$$

เมื่อ $$X = (a^* + 1.75L^*) / (5.645L^* + a^* - 3.012b^*) \quad (2)$$

วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธี Phenol-sulfuric acid ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) และน้ำตาลนอนรีดิวซ์ ดัดแปลงมาจากวิธีของ Miller (1959) โดยใช้สารละลายกลูโคสเป็นสารละลายมาตรฐาน

วิเคราะห์สารให้ความหวานสตีวิโอไซด์ โดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (รุ่น 1200, Agilent Technologies, USA.) คอลัมน์ ZURBUAX Eclipse XDB-C18 reverse phase (กว้าง 4.6 mm ยาว 150 mm หนา 5 μm) ใช้ mobile phase เป็น water : acetonitrile (20:80) Detector เป็น UV-visible ที่ความยาวคลื่น 210 nm โดยใช้สารสตีวิโอไซด์ (sigma-aldrich, USA.) เป็นสารมาตรฐาน (Figure 1)

วางแผนการทดลองแบบ 5x4 Factorial in Randomized Completely Block Design (RCBD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance; ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความน่าเชื่อถือ 95% ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สัดส่วนของน้ำต่อเอทานอล และเวลาในการสกัดมีอิทธิพลร่วมกัน (p≤0.05) ต่อปริมาณร้อยละของผลผลิต (%yield) ค่าของแข็งละลายน้ำ ค่าสี ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลนอนรีดิวซ์ โดยการสกัดสารให้ความหวานสตีเวียไซรัปด้วยน้ำต่อเอทานอล (100:0) นาน 8 และ 12 ชั่วโมง น้ำต่อเอทานอล (70:30) นาน 24 ชั่วโมง และ น้ำต่อเอทานอล (50:50) นาน 8 ชั่วโมง มีปริมาณร้อยละผลผลิตสูงที่สุดและไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 73.37, 73.67, 73.67 และ 73.17 ตามลำดับ (Table 1) สตีเวียไซรัปที่สกัดด้วยน้ำต่อเอทานอลที่สัดส่วนน้ำมากกว่าเอทานอล มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูง ซึ่งสอดคล้องกับค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) โดยเมื่อได้รับความร้อนในระหว่างการทำให้เข้มข้น ทำให้สตีเวียไซรัปที่ได้มีสีเข้มขึ้น และสีของสตีเวียไซรัปที่ได้มีสีเขียวเหลือง (h° มีค่าระหว่าง 92-102°) ในขณะที่การเพิ่มสัดส่วนของเอทานอลมากขึ้น สีของสตีเวียไซรัปที่ได้มีความสว่างมากขึ้น และมีสีเขียวเหลืองเข้ม (h° มีค่าระหว่าง 103-107°) ทั้งนี้เนื่องจากการสกัดด้วยเอทานอล มีความสามารถในการสกัดสารต่างๆ เช่น รงควัตถุ และโปรตีน เป็นต้น (Purseglove, 1981) รวมทั้งหญ้าหวานมีสารในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ แทนนิน อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ และสารในกลุ่มฟีนอลิกอีกด้วย (Sativa และคณะ, 2004 และ Edeoga และคณะ, 2005) แต่สตีเวียไซรัปที่สกัดด้วยน้ำต่อเอทานอล (30:70) นาน 4 ชั่วโมง ให้ค่าของแข็งละลายน้ำมากที่สุด เท่ากับ 42.37°Brix อาจเนื่องมาจากความมีขั้วของตัวทำละลาย มีผลต่อความสามารถในการละลายของของแข็งละลายน้ำ โดยพบว่า การเพิ่มสัดส่วนของ เอทานอลในน้ำสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายของของแข็งละลายน้ำได้ (Tadakittisarn และคณะ, 2007) อีกทั้งมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (70.87 g/ 100 mL ของสารสกัด) และปริมาณน้ำตาลนอนรีดิวซ์ (56.51 g/ 100 mL ของสารสกัด) สูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ปริมาณของสตีวิออล ไกลโคไซด์ (เป็นน้ำตาลชนิดนอนรีดิวซ์) วิเคราะห์ด้วย HPLC (Figure 2) พบว่า สตีเวียไซรัปที่สกัดด้วยน้ำต่อเอทานอล (30:70) นาน 4 ชั่วโมง ให้ปริมาณของสตีวิออล ไกลโคไซด์ มากที่สุด เท่ากับ 2,611.07 mg/ 100 mL ของสารสกัด

สรุปผล

ถึงแม้ว่าสตีเวียไซรัปที่สกัดด้วยสัดส่วนของน้ำต่อเอทานอล เป็น 30:70 นาน 4 ชั่วโมง ให้ปริมาณร้อยละของผลผลิตไม่แตกต่างจากการสกัดด้วยน้ำต่อเอทานอลที่สัดส่วน 100:0, 70:30 และ 50:50 แต่มีปริมาณของสารสตีวิออล ไกลโคไซด์ มากที่สุด เท่ากับ 2,611.07 mg/ 100 mL ของสารสกัด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา และการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Chang, S.S. and Cook, J.M., 1983, Stability Studies of Steviosides and Rebaudioside A in Carbonated Beverages, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 31: 409-412.

Choi, Y., Kim, I., Yoon, K., Lee, S., Kim, C. and Yoo, K., 2002, Supercritical Fluid Extraction and Liquid Chromatographic-Electrospray Mass Spectrometric Analysis of Stevioside from *Stevia rebaudiana* Leaves, Chromatographia, 55: 617-620.

Edeoga, H., Okwu, D. and Mbaebie, B., 2005, Phytochemical Constituents of Sum Nigerian Medicinal Plants, African Journal of Biotechnology, 4: 685-688.

Esmat, A.A., Azza, A.A. and Ferial M.A., 2010, Physico-chemical Assessment of Natural Sweeteners Steviosides Produced from *Stevia rebaudiana* Bertoni Plant, African Journal of Food Science, 4(5): 269-281.

Geuns, M.C., 2003, Stevioside, Phytochemistry, 64: 913–921.

Miller, G.L., 1959, Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar, Journal of Analytical Chemistry, 31: 426-428.

Palou, E., Lopez-Malo, G.V., Barbosa-Canovas, G.V., Welti-Chanes, J. and Swanson, B.G., 1999, Polyphenoloxidase Activity and Color of Blanched and High Hydrostatic Pressure Treated Banana Puree, Journal of Food Science, 64: 42-45.

Pasquel, A., Meireles, M., Marques, M. and Petenate, A., 2000, Extraction of Stevia Glycosides with CO_2 + water, CO_2 + ethanol, and CO + water + ethanol, Brazilian Journal of Chemical Engineering, 17: 1-16.

Pol, J., Ostra, E.V., Karasek, P., Roth, M., Karolinka, B. and Kotlarikova, P., 2007, Comparison of Two Different Solvents Employed for Pressurized Fluid Extraction of Stevioside from *Stevia rebaudiana*: Methanol Versus Water, Analytical and Bioanalytical Chemistry, 388: 1847-1857.

Purseglove, J.W., Brown, E.G., Green, C.L. and Robbins, S.R.J., 1981, Spice Volume 1, D. Van Nostrand Co., New York, 100-173.

Savita, S.M., Sheela, K. and Sunanda, S., 2004, *Stevia Rebaudiana*-A Functional Component for Food Industry, Journal of Human Ecology, 15: 261-264.

Tadakittisarn, S., Haruthaithanasan, V., Chompreeda, P. and Suwonsichon, T., 2007, Optimization of Pectinase Enzyme Liquefaction of Banana 'Gros Michel' for Banana Syrup Production, Kasetsart Journal, 41: 740-750.

Tanaka, O., 1988, Isolation of Sweetener from *Stevia rebaudiana*, Japanese Kokai, 63: 177-764.

Yoda, S., Marques, M., Petenate, A. and Meireles, M., 2003, Supercritical Fluid Extraction from *Stevia rebaudiana* Bertoni Using CO_2 and CO_2 + water: Extraction Kinetics and Identification of Extracted Components, Journal of Food Engineering, 57: 125-134.

Table 1 Physico-chemical properties of stevia syrup[1]

$H_2O:C_2H_5OH$	Time (h)	%Yield	TSS (°Brix)	Color				BI	Total sugar[2]	Reducing sugar[2]	non-Reducing sugar[2]
				L*	a*	b*	hue				
100:0	4	69.89±1.65^{dc}	15.23±0.49^{j}	54.46±0.62^{k}	-1.61±0.05^{c}	23.52±0.05^{a}	93.91±0.10^{m}	52.21±0.84^{a}	52.77±0.64^{ghij}	39.78±0.25^{a}	12.99±0.47^{l}
	8	73.37±0.53^{a}	14.50±0.53^{j}	56.89±0.21^{j}	-1.96±0.03^{g}	17.39±0.03^{c}	96.44±0.08^{l}	32.82±0.17^{b}	58.28±3.15^{defg}	33.91±0.18^{b}	24.37±2.97^{jk}
	12	73.67±0.31^{a}	14.43±0.38^{j}	58.67±0.50^{i}	-1.85±0.02^{f}	12.76±0.02^{d}	98.23±0.07^{j}	21.51±0.19^{d}	65.46±0.61^{abc}	29.18±0.32^{c}	36.28±0.29^{efgh}
	24	70.93±1.05^{bc}	14.60±0.40^{j}	63.84±0.58^{h}	-2.38±0.02^{j}	17.77±0.02^{b}	97.64±0.06^{k}	28.89±0.29^{c}	57.29±6.07^{efgh}	38.79±0.08^{a}	18.50±6.05^{kl}
70:30	4	64.57±0.86^{e}	26.10±0.10^{i}	67.00±0.47^{f}	-2.14±0.02^{h}	10.72±0.02^{k}	101.50±0.29^{i}	14.61±0.10^{i}	45.13±7.23^{l}	23.77±0.09^{d}	21.36±7.22^{jk}
	8	51.02±1.27^{h}	27.07±0.32^{h}	66.08±0.52^{g}	-2.30±0.02^{i}	11.66±0.02^{f}	101.32±0.35^{i}	16.31±0.13^{e}	55.57±2.10^{fghi}	22.72±0.41^{d}	32.85±2.51^{ghi}
	12	62.97±0.35^{ef}	25.63±0.47^{i}	68.65±0.32^{ab}	-2.37±0.02^{j}	10.86±0.02^{j}	102.32±0.07^{h}	14.20±0.06^{j}	52.02±3.38^{ghijk}	17.22±0.08^{gh}	34.81±3.36^{fgh}
	24	73.67±0.85^{a}	26.27±0.68^{hi}	68.02±0.15^{bcde}	-2.15±0.02^{h}	9.83±0.02^{n}	102.32±0.07^{h}	12.85±0.02^{l}	59.96±1.67^{cdef}	20.79±0.13^{e}	39.17±1.80^{defg}
50:50	4	70.09±1.12^{dc}	34.83±0.55^{g}	68.41±0.34^{abcd}	-2.54±0.04^{l}	11.43±0.04^{h}	102.55±0.13^{h}	15.03±0.06^{gh}	58.36±3.86^{defg}	16.54±0.79^{h}	41.82±3.08^{cde}
	8	73.17±1.27^{a}	36.23±0.64^{f}	68.28±0.24^{abcde}	-2.13±0.03^{h}	9.10±0.02^{o}	103.19±0.19^{g}	11.61±0.10^{m}	45.42±3.83^{kl}	18.21±0.41^{g}	27.21±3.42^{ij}
	12	71.93±0.23^{ab}	36.50±0.70^{f}	67.87±0.13^{de}	-2.39±0.02^{j}	10.36±0.02^{l}	103.00±0.07^{g}	13.51±0.02^{k}	48.21±2.88^{jkl}	16.31±0.25^{h}	31.91±3.12^{hi}
	24	68.39±0.26^{dc}	35.83±0.64^{f}	67.94±0.54^{bcde}	-2.56±0.02^{l}	11.49±0.02^{g}	102.55±0.07^{h}	15.22±0.12^{g}	57.29±3.53^{efgh}	20.40±0.36^{ef}	36.89±3.17^{efgh}
30:70	4	59.08±0.56^{g}	42.37±0.61^{a}	67.68±0.29^{ef}	-2.62±0.03m	10.88±0.08^{j}	103.55±0.07^{f}	14.17±0.08^{j}	70.87±6.58^{a}	14.36±2.50^{i}	56.51±9.07^{a}
	8	59.08±0.67^{g}	40.67±0.84^{b}	67.94±0.11^{cde}	-2.91±0.02^{n}	11.96±0.02^{e}	103.66±0.12^{f}	15.65±0.08^{f}	64.53±6.14^{abcd}	19.61±0.53^{f}	44.92±6.66^{dc}
	12	62.62±1.20^{f}	38.97±0.42^{de}	68.46±0.08^{abcd}	-2.46±0.02^{k}	9.92±0.03^{m}	103.93±0.08^{e}	12.57±0.04^{l}	63.38±3.64^{bcde}	16.53±0.31^{h}	46.85±3.33^{bc}
	24	61.57±1.12^{f}	39.60±0.46^{cd}	67.62±0.34^{ef}	-2.87±0.02^{n}	11.36±0.02^{i}	104.20±0.08^{d}	14.73±0.07^{hi}	69.52±3.81^{ab}	14.06±0.31^{i}	55.46±4.11^{a}
0:100	4	24.44±1.66^{l}	38.27±0.58^{e}	68.32±1.13^{abcde}	-1.16±0.02^{a}	3.65±0.02^{s}	107.62±0.18^{a}	4.11±0.08^{q}	49.68±4.26^{ijkl}	4.38±0.15^{l}	45.30±4.34^{dc}
	8	36.34±0.91^{i}	39.37±0.59^{d}	68.64±0.12^{ab}	-1.38±0.03^{b}	4.56±0.03^{r}	106.84±0.22^{c}	5.23±0.01^{p}	51.55±2.58^{hijkl}	6.90±0.22^{j}	44.65±2.40^{dc}
	12	28.27±1.85^{k}	40.73±0.99^{b}	68.96±0.08^{a}	-1.66±0.02^{d}	5.32±0.02^{q}	107.30±0.15^{b}	6.05±0.01^{o}	57.26±3.05^{efgh}	4.74±0.07^{kl}	52.52±3.06^{ab}
	24	33.95±1.61^{j}	40.43±0.64^{bc}	68.59±0.22^{abc}	-1.80±0.02^{e}	5.66±0.02^{p}	107.66±0.09^{a}	6.46±0.02^{n}	46.71±3.33^{jkl}	5.70±0.05^{k}	41.01±3.32^{cdef}
F-test		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD		1.79	0.96	0.71	0.04	0.05	0.25	0.36	6.63	1.06	6.99
C.V.		1.82	1.85	0.65	-1.07	0.26	0.15	1.32	7.11	3.33	11.37

[1] Results are expressed as mean ± standard deviation (n = 3); a, b, c,… letters in the same column are significantly different at $p \leq 0.05$

[2] g/ 100 mL extracts

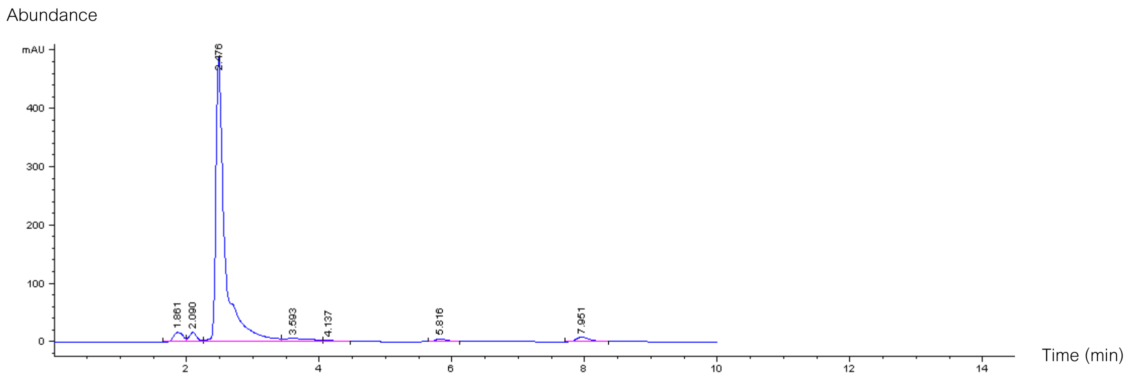


Figure 1 Chromatogram of stevioside standrad

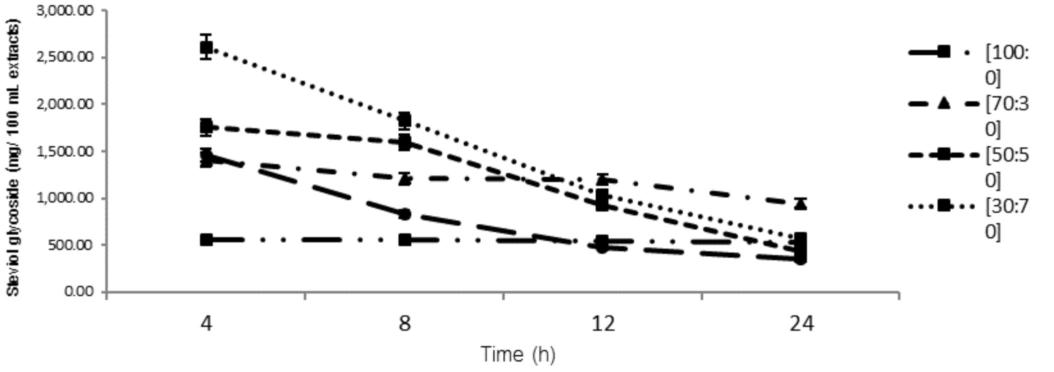


Figure 2 Steviol glycoside content extracted by different ratios of water and ethanol for various times

ศึกษาความเป็นไปได้ของพืชไทยในการใช้เป็นสารให้ความหวาน

The Feasibility of Thai Plants as Sweeteners

กีระติ ธรรมพันธ์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Thamapan, K.[1], Laohankunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Many Thai plants play an important roles in human diet, traditional medicine and potential sources of natural sweeteners that replacing artificial sweeteners. In this research, feasibility of nine Thai plants including Cha-em Thai (*Albizia myriophylla* Benth.), Safflower (*Carthamus tinctorius* L.), Tan Mon (*Vernonia elliptica* DC.), Siamese White Ixora (*Ixora finlaysoniana* Wall.), Blady grass (*Imperata cylindrica* L.), Raksamsib (*Asparagus racemosus* Wild.), Emblica (*Phyllanthus emblica* L.), Yellow Myrobalan (*Terminalia chebula* Retz.) and Bastard Myrobalan (*Terminalia bellirica* Roxb.) were investigated. Chemical compositions (% dry weight basis) as carbohydrate, fiber, protein and lipid contents were ranged from 39.49 to 69.19%, 8.80 to 47.47%, 1.98 to 11.14%, and 0.14 to 2.84%, respectively. Nine species of Thai plants had fructose and sucrose content varied from 125.92 to 154.57mg/100g of dry weight basis and 41.30 to 160.03 mg/100g of dry weight basis, respectively, and their content were greater than glucose (1.93 to 30.47 mg/100g dry weight basis).

Keywords: Thai plants sweeteners, chemical compositions, sugar analysis

บทคัดย่อ

พืชไทยหลายชนิดมีบทบาทสำคัญในการใช้เป็นอาหาร ยารักษาโรคและเป็นแหล่งสารให้ความหวานที่มีศักยภาพ สามารถทดแทนสารให้ความหวานสังเคราะห์ได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ของพืชไทย 9 ชนิด ได้แก่ ชะเอมไทย (*Albizia myriophylla* Benth.) ดอกคำฝอย (*Carthamus tinctorius* L.) ใบตานหม่อน (*Vernonia elliptica* DC.) รากเข็มขาว (*Ixora finlaysoniana* Wall.) รากหญ้าคา (*Imperata cylindrica* L.) รากสามสิบ (*Asparagus racemosus* Wild.) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.) สมอไทย (*Terminalia chebula* Retz.) และ สมอภิเภก (*Terminalia bellirica* Roxb.) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) ได้แก่ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ไฟเบอร์ โปรตีน และ ไขมัน อยู่ในช่วงร้อยละ 39.49 ถึง 69.19 ร้อยละ 8.80 ถึง 47.47 ร้อยละ 1.98 ถึง 11.14 และร้อยละ 0.14 ถึง 2.84 ตามลำดับ นอกจากนี้พืชไทยทั้ง 9 ชนิดมีปริมาณฟรุกโตส และ ซูโครสเท่ากับ 125.92 ถึง 154.57mg/100g ของน้ำหนักแห้ง และ 41.30 ถึง 160.03 mg/100g ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าปริมาณน้ำตาลกลูโคส (1.93 ถึง 30.47 mg/100g ของน้ำหนักแห้ง)

คำสำคัญ: สารให้ความหวานจากพืชไทย องค์ประกอบทางเคมี การวิเคราะห์น้ำตาล

Introduction

Sugar and sweeteners play an important role in the human diet. In many countries including Thailand, consumers prefer food and beverage which consist of primarily sucrose, glucose and fructose. The major problem of these sweeteners is high calories and undesirable for human health such as obesity, dental caries and diabetes (Rao *et al*., 2012). The increasing in the number of diabetic and health conscious individuals has pushed forward the need for synthetic sweeteners of low caloric sweeteners. Several synthetic sweeteners such as sucralose, aspartame, and acesulfame-K have recently been appeared in pharmaceutical and food industries, but all of synthetic sweeteners cause harmful side-effects for health. Thus, industry and scientists have been searched for alternative natural sweeteners (Surana *et al*., 2006). The ideal sweeteners product provides sweetness, no after taste, few or no calories, non-carcinogenic or mutagenic, economical products, and heat labile resistance (Priya *et al*., 2011).

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

Nowadays, the commercial natural sweeteners are well-known such as stevioside from stevia leaves, glycyrrhizin from licorice roots and mogroside from luo han kuo fruits. In Thailand, various domestic Thai plants give a sweet taste, used as traditional medicine and is widespread such as Cha-em Thai (*Albizia myriophylla),* Safflower *(Carthamus tinctorius),* Tan Mon *(Vernonia elliptica),* Siam white Ixora *(Ixora finlaysoniana),* Blady grass *(Imperata cylindrical),* Raksamsib *(Asparagus racemosus), Emblica (Phyllanthus emblica),* Yellow Myrobalan *(Terminalia chebula)* and Bastard Myrobalan (*Terminalia bellirica)*. Cha-em Thai has been only reported that it contained sweetness compounds and 600 times sweeter than sucrose (Yoshikawa *et al*., 2002). Therefore, this research was aimed to study the feasibility of nine species of Thai plants as sweeteners.

Materials and Methods

Sample preparations

Nine dried Thai plant materials were purchased from Chao Krom Per shop (ร้านเจ้ากรมเป๋อ), Bangkok, in June 2013. Plant samples were grinded and sieved through a 40-mesh. The dried powdered samples were used for chemical analysis, which there were three replications.

Chemical analysis

Nine selected plants including Cha-em Thai*,* Safflower*,* Tan Mon*,* Siam white Ixora*,* Blady grass*,* Raksamsib*,* Emblica*,* Yellow Myrobalan and Bastard Myrobalan were proximate analyzed for moisture, ash, protein, lipid, fiber and carbohydrate by the method of AOAC (2000), which prefer factor was 6.25 for protein content. Carbohydrate content was determined by the following equation:

$$\%carbohydrate = 100 – (\%moisture +\%protein+\%lipid+\%ash+\%fiber)$$

Sugar analysis

The determination of glucose, fructose, sucrose and total sugar content of dried plant samples was carried out according to Lin *et al*. (2004). An amount of 2 g homogenate was heated with 20 mL boiling distilled water for 10 min to extract soluble sugars, 2 mL NaOH (1 M) and 3 mL $ZnSO_4$(10%) were added to the solution for precipitation protein and other compositions. The homogenate was made up to 100 mL with distilled water, and took the filtrate as the sample of sugars. After mixing 2 mL filtered homogenate and 5 mL ferricyanide reagent in two tubes, one of the tubes was heated in boiling water for 15 min, the other was placed in water bath with 55ºC for 30 min. Both tubes was cooled to 25ºC, then added 1 mL KI (20%), 5 mL $ZnSO_4$ (3% dissolved with acetic acid), and 0.1 mL soluble starch solution to the compound until the color was blue. The compound was titrated with 0.005N $Na_2S_2O_3$ until the blue color was disappeared, and volume was recorded:

$$\text{Glucose (\%)} = \frac{A[1.12(a-c)-1.3(a-b)][145+(a-c)]}{vn \times 10000}$$

$$\text{Fructose (\%)} = \frac{A[1.12(a-b)-0.104(a-c)][166+(a+b)]}{vn \times 10000}$$

$$\text{Sucrose (\%)} = 0.95\ (\text{total sugar} - \frac{A[143+(a-c)](a-c)}{vn \times 10000})$$

Where *A* is the total dilution volume of sample, *v* is the volume for titration of sample, *n* is the fresh weight of sample, *a* is the titration amount of ferricyanide reagent, *b* is the titration amount of 55ºC tube, and *c* is the titration amount of 100ºC tube.

After mixed 10 mL filtered homogenate with 1 mL HCl (1N), the tube was heated in boiled water for 10 min. The tube was cooled to 25ºC, then added one drop of both phenolphthalein solution and 1 N NaOH to make

the solution color turning to rosiness, then the solution was made to 100 mL with distilled water. The 2 mL of rosiness solution and 5 mL ferricyanide reagent were heated in boiled water for 15 min and then titrated as above. The titration amount of 0.005N $Na_2S_2O_3$ to 5 mL ferricyanide reagent was taken as control:

$$\text{Total sugar (\%)} = \frac{A[143+(a-c)](a-c)}{vn \times 5000}$$

Results and Discussion

Chemical composition of nine Thai plants was shown in Table.1. Stem of Cha-em Thai had the highest moisture content (10.26%) and fruit of Emblica had the lowest moisture content (7.17%). Ash content of Tan-Mon and Bastard Myrobalan was the highest (4.40%). Protein content of nine samples ranged from 2.52% to 11.14%, which safflower had the highest protein content (11.14%) and Siam White Ixora had the lowest protein content (1.98%). Lipid content of Cha-em Thai, Siam White Ixora, Tan Mon and Blady grass had the highest values ranged from 2.41% to 2.84%. Fiber content of Siam White Ixora was the greatest (47.47%) and Safflower had the lowest content (8.80%). Carbohydrate content of Raksamsib yielded the highest values (69.19%) but Siam White Ixora had the lowest values (39.49%).

The total sugar ranged from 0.200% to 0.325% dry weight (Table.2). The flower of Safflower and the fruit of Bastard Myrobalan had the highest glucose content (0.030%). The root of Blady grass had the lowest glucose content (0.002%).The highest content of fructose was 0.155% in Blady grass and the highest content of sucrose was 0.160% in Bastard Myrobalan. The presence of glucose and fructose could refer that these plants may consist of non-saccharide sweeteners as terpene glycoside because terpene glycosides consist of some sugar molecules such as glucose of stevioside, glycyrrhizin and mogroside (Lemus-Mondaca *et al*., 2012, Kitagawa., 2002 and Ikeda *et al*., 2007). Moreover, carbohydrate content did not relate to total sugar content because the carbohydrate content might be cellulose and starch, which could not be changed to total sugar after extraction.

Summary

The nine sweet Thai plants species as sweeteners obtain from in this study indicated that Thai plants have high proteins and sugars content, widespread and it is very cheap price. However, it needs to do further work for understanding the other chemical composition and their feasibility for being the sweetener from these plants.

Literature cited

AOAC, 2000, Association of Official Analytical Chemists, 14, Washington D.C., Pages.

Kitagawa, I., 2002, Licorice Root. A Natural Sweetener and an Important Ingredient in Chinese Medicine, Pure and Applied Chemistry, 74(7): 1189-1198.

Lemus-Mondaca, R., Vega-Gájlvez, A., Zura-Bravo, L. and Ah-Hen, K., 2012, *Stevia Rebaudiana* Bertoni, Source of a High-Potency Natural Sweetener: A Comprehensive Review on the Biochemical, Nutritional and Functional Aspects, Food Chemistry, 132(3): 1121-1132.

Li, D., Ikeda, T., Huang, Y., Liu, J., Nohara, T., Sakamoto, T. and Nonaka, G.-I., 2007, Seasonal Variation of Mogrosides in Lo Han Kuo (*Siraitia Grosvenori*) Fruits, Journal of Natural Medicines, 61(3): 307-312.

Lin, D., Huang, D. and Wang, S., 2004, Effects of Potassium Levels on Fruit Quality of Muskmelon in Soilless Medium Culture, Scientia Horticulturae, 102(1): 53-60.

Priya, K., Gupta, V.R.M. and Srikanth, K., 2011, Natural Sweeteners: A Complete Review, Journal of Pharmacy Research, 4(7): 2034-2039.

Rao, A.B., Reddy, G.R., Ernala, P., Sridhar, S. and Ravikumar, Y.V.L., 2012, An Improvised Process of Isolation, Purification of Steviosides from Bertoni Leaves and Its Biological Activity, International Journal of Food Science and Technology, 47(12): 2554-2560.

Surana, S.J., Gokhale, S.B., Rajmane, R.A. and Jadhav, R.B., 2006, Non-Saccharide Natural Intense Sweeteners – An Overview of Current Status, Natural Product Radiance, 5(4): 270-278.

Yoshikawa, M., Morikawa, T., Nakano, K., Pongpiriyadacha, Y., Murakami, T. and Matsuda, H., 2002, Characterization of New Sweet Triterpene Saponins from *Albizia Myriophylla*, Journal of Natural Products, 65(11): 1638-1642.

Acknowledgements

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of Higher Education Commission, The Royal Golden Jubilee Ph.D. Program and King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Table 1 Chemical compositions of nine Thai plants as the natural sweeteners. (%dry weight basis)

Dried plants	Part used	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Fiber (%)	Carbohy-drate (%)
Cha–em Thai	stem	10.26±0.13	3.10±0.20	7.55±0.50	2.84±0.90	32.13±4.11	44.11
Safflower	flower	8.59±0.16	4.03±0.15	11.14±0.48	0.65±0.10	8.80±2.82	66.79
Tan Mon	leaf	9.50±0.03	4.40±0.26	7.00±0.35	2.50±0.16	29.27±0.31	47.33
Siamese White Ixora	root	7.39±0.10	0.88±0.16	1.98±0.28	2.79±0.29	47.47±2.00	39.49
Blady glass	root	8.14±0.06	2.83±0.31	2.64±0.28	2.41±0.22	26.93±1.20	57.05
Raksamsib	root	8.98±0.03	2.47±0.45	6.73±0.76	0.51±0.06	12.13±0.31	69.19
Emblica	fruit	7.17±0.07	1.63±0.15	2.52±0.19	0.41±0.19	25.67±0.70	62.60
Yellow Myrobalan	fruit	8.78±0.03	3.77±0.32	3.91±0.47	0.59±0.05	24.67±0.42	58.29
Bastard Myrobalan	fruit	8.94±0.06	4.40±0.30	4.95±0.30	0.63±0.31	15.27±0.23	65.82

Note: All of data were triplicate analysis.

Table 2 Sugar analysis of nine Thai plants as the natural sweeteners. (dry weight basis)

Dried plants	Part used	Glucose (mg/100g)	Fructose (mg/100g)	Sucrose (mg/100g)	Total Sugar (mg/100g)
Cha–em Thai	stem	14.68±1.45	147.22±2.56	100.41±8.06	268.43±1.20
Safflower	flower	30.47±3.53	125.92±5.07	95.05±7.60	257.07±0.25
Tan Mon	leaf	7.28±1.21	154.57±4.06	154.60±9.01	325.47±0.56
Siamese White Ixora	root	17.71±2.85	127.27±4.35	84.35±6.00	234.39±1.52
Blady glass	root	1.93±1.27	148.57±9.56	111.27±7.91	268.43±0.87
Raksamsib	root	8.30±1.51	147.90±7.52	138.31±10.58	302.61±0.65
Emblica	fruit	17.71±2.97	127.27±8.56	116.69±7.09	268.43±1.29
Yellow Myrobalan	fruit	8.30±1.25	147.90±5.97	41.30±3.41	200.49±2.01
Bastard Myrobalan	fruit	30.47±3.57	125.92±7.26	160.03±10.06	325.47±3.01

Note: All of data were triplicate analysis.

สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนข้าวไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน

Functional Properties of Rice Protein Hydrolyzed by Bromelain

ภัทราวรรณ มหาสิงห์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Mahasing, P.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Two rice varieties, Khao Dawk Mali 105 (low amylose) and Pathumthani 60 (high amylose) were hydrolyzed by bromelain with various concentrations; 0, 5, 10, 15 and 20% (w/w) for 4 hrs. The degree of hydrolysis of both rice protein hydrolysate were increased with increasing enzyme concentration. The results also showed that protein hydrolysate of Pathumthani 60 had higher DPPH$^{\bullet}$ scavenging activity than protein hydrolysate from Khao Dawk Mali 105. However, rice protein hydrolysate from Khao Dawk Mali 105 hydrolyzed by 20% bromelain (w/w) had the highest emulsion capacity (16.67%) and foaming capacity (77.00%).

Keywords: protein hydrolysate, rice, bromelain, DPPH$^{\bullet}$ scavenging activity, emulsion capacity, foaming capacity

บทคัดย่อ

ข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 (อะไมโลสต่ำ) และปทุมธานี 60 (อะไมโลสสูง) นำมาไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์โบรมิเลนความเข้มข้นเอนไซม์ต่อซับสเตรทร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 (w/w) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเอนไซม์เพิ่มขึ้น สำหรับสมบัติเชิงหน้าที่ โปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวปทุมธานี 60 มีประสิทธิภาพยับยั้งอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ ดีกว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวขาวดอกมะลิ 105 แต่โปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลนความเข้มข้นเอนไซม์ต่อซับสเตรทร้อยละ 20 (w/w) มีค่าการเกิดอิมัลชั่นและการเกิดฟองสูงที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 16.67 และ ร้อยละ 77.00 ตามลำดับ

คำสำคัญ: โปรตีนไฮโดรไลเซท ข้าว โบรมิเลน การต้านอนุมูลอิสระ การเกิดอิมัลชั่น การเกิดฟอง

คำนำ

สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน เช่น การเกิดฟอง (foaming capacity) การเกิดอิมัลชั่น (emulsion capacity) และการยับยั้งอนุมูลอิสระ เกิดจากกรดอะมิโนที่มีประจุ และสมบัติความเป็น amphiphilic ของโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) (Gennis และ Jonas, 1977 และ Panyam และ Kilara, 1996) ซึ่งสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการไฮโดรไลซ์โปรตีนด้วยเอนไซม์ (enzymatic protein hydrolysate) ได้เป็นโปรตีนไฮโดรไลเซทที่มีเพปไทด์ขนาดเล็กลง เป็นการเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างโปรตีนกับอากาศ น้ำและไขมัน และทำให้โปรตีนไฮโดรไลเซทมีความเป็นประจุและมีปลายสายเป็นกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำเพิ่มมากขึ้น (Panyam และ Kilara, 1996 และ Guo และคณะ, 2013) มีรายงานการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทด้วยเอนไซม์ชนิดต่างๆ เพื่อผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทให้มีสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดี เช่น สมบัติยับยั้งอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซทเมล็ดฝ้าย (cottonseed) ไฮโดรไลซ์ด้วย Neutrase (Gao และคณะ, 2010) สมบัติการเกิดอิมัลชั่นและการเกิดฟองของโปรตีนไฮโดรไลเซทถั่วลิสง (peanut) ไฮโดรไลซ์ด้วย Alcalase และ Protamex (Zhao และคณะ, 2011) เป็นต้น ซึ่งเอนไซม์ที่ใช้เป็นโปรติโอไลติกเอนไซม์หรือโปรติเอสชนิดต่างๆ รวมทั้ง ปาเปนและโบรมิเลน สามารถไฮโดรไลซ์โปรตีนให้มีสมบัติยับยั้งอนุมูลอิสระ การเกิดอิมัลชั่นและการเกิดฟองได้ เช่น โปรตีนไฮโดรไลเซทถั่วเหลืองไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน มีสมบัติการเกิดฟอง (Molina Ortiz และ Wagner, 2002) โปรตีนไฮโดรไลเซทถั่วลิสง (peanut) ไฮโดรไลซ์ด้วยปาเปน มีสมบัติการเกิดอิมัลชั่นและการเกิดฟอง (Zhao และคณะ, 2011) และโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน มีสมบัติการยับยั้งอนุมูลอิสระ (อรพรรณ, 2553) เป็นต้น จากการที่โบรมิเลนเป็นเอนไซม์จากแกนสับปะรด มีตำแหน่งจำเพาะกับกรดอะมิโน ไลซีน อะลาลีน ไทโรซีน และไกลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำ จึงเหมาะสมต่อการนำมาใช้ปรับปรุงโปรตีนไฮโดรไลเซทเพื่อให้มีสมบัติเชิงหน้าที่ดี โดยแหล่งโปรตีนจากพืชเป็นโปรตีนที่นิยมนำมาผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซทเพื่อศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ เช่น โปรตีนจากถั่วเหลือง รำข้าว ถั่ว chickpea เป็นต้น นอกจากนี้โปรตีนข้าวเป็นอีกแหล่งโปรตีนที่

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

น่าสนใจนำมาผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซท เนื่องจากโปรตีนข้าวเป็นแหล่งของอะมิโนที่จำเป็น และจัดเป็นสารอาหารก่อภูมิแพ้ต่ำ (hypoallergenic) นอกจากนี้มีรายงานว่าโปรตีนข้าวมีสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดี ได้แก่ สมบัติการละลาย การดูดซับไขมัน การเกิดฟองและอิมัลชั่น (Cao และคณะ, 2009) ข้าวแบ่งได้เป็นหลายชนิด โดยมีความแตกต่างกันทั้งด้านกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งอาจส่งผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของข้าว เช่น ความแตกต่างของปริมาณอะไมโลส ส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญในข้าวและสมบัติยับยั้งอนุมูลอิสระ (Sompong และคณะ, 2011) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ ได้แก่ การเกิดฟอง การเกิดอิมัลชั่น และการยับยั้งอนุมูลอิสระ ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากข้าว 2 พันธุ์ ที่มีปริมาณอะไลโลสแตกต่างกัน มาไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์โบรมิเลน

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างแป้งข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 (DRF105) (อะไมโลสต่ำ ร้อยละ 15) และปทุมธานี 60 (DRF60) (อะไมโลสสูง ร้อยละ 30) นำมาสกัดไขมัน (defatted rice flour, DRF) ด้วยเฮกเซน 2 ครั้ง อัตราส่วนข้าวต่อเฮกเซน เท่ากับ 1:3 (w/w) เป็นเวลา 30 นาที และบดลดขนาด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช ไฮโดรไลซ์ตัวอย่างแป้งข้าวทั้ง 2 พันธุ์ด้วยโบรมิเลน (activity เท่ากับ 94,934 unit/g) ที่ความเข้มข้นเอนไซม์ต่อซับสเตรทร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 (w/w) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส pH 6.0 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที กรองโปรตีนไฮโดรไลเซทด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำส่วนใสวิเคราะห์ร้อยละระดับการย่อยสลาย (%degree of hydrolysis, %DH) ตามวิธีของ Netto และ Galeazzi (1998) โดยเติมกรดไตรคลอโรอะซิติก (trichlotoacetic acid: TCA) เข้มข้นร้อยละ 20 ลงในโปรตีนไฮโดรไลเซท อัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 2 นาที วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl's method (AOAC, 2000) คำนวณระดับการย่อยสลาย =

$$\frac{\text{ปริมาณไนโตรเจนละลายใน 20\%TCA} \times 100}{\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด}}$$

วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) นำโปรตีนไฮโดรไลเซทจากทุกภาวะการไฮโดรไลซ์มาทำให้เข้มข้น ด้วย rotary evaporator ปิเปตโปรตีนไฮโดรไลเซทเข้มข้น 500 ไมโครลิตร เติมสารละลาย 0.1 mM $DPPH^{\bullet}$ 2 มิลลิลิตร ตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยดัดแปลงวิธีจาก Shimada และคณะ (1992) และ Li และคณะ (2008)

คำนวณ %$DPPH^{\bullet}$ scavenging effect =

$$\frac{(\text{ค่าการดูดกลืนแสง control} - \text{ค่าการดูดกลืนแสงตัวอย่าง}) \times 100}{\text{ค่าการดูดกลืนแสง control}}$$

สมบัติการเกิดอิมัลชั่น (emulsion capacity) นำโปรตีนไฮโดรไลเซทเข้มข้นมาเจือจางให้มีความเข้มข้นเท่ากับร้อยละ 10 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผสมน้ำมันถั่วเหลืองปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปั่นด้วย homogenizer ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำสารละลายปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 2,800 x g เป็นเวลา 5 นาที วัดปริมาตรอิมัลชั่น (emulsion layer) ดัดแปลงวิธีจาก Chandi และ Sogi (2007) และ Cao และคณะ (2009)

คำนวณการเกิดอิมัลชั่น (ร้อยละ) =

$$\frac{\text{ปริมาตรสารละลายอิมัลชั่น} \times 100}{\text{ปริมาตรสารละลายทั้งหมด}}$$

ศึกษาสมบัติการเกิดฟอง (foaming capacity) โดยการตีปั่นโปรตีนไฮโดรไลเซทเจือจางร้อยละ 10 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ด้วย homogenizer ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ดัดแปลงวิธีจาก Chandi และ Sogi (2007) และ Cao และคณะ (2009) คำนวณความสามารถการเกิดฟอง (ร้อยละ) =

$$\frac{(\text{ปริมาตรฟองหลังปั่น} - \text{ปริมาตรฟองก่อนปั่น}) \times 100}{\text{ปริมาตรโปรตีนไฮโดรไลเซท}}$$

วางแผนการทดลอง 2x5 Factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

โปรตีนไฮโดรไลเซทจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 (DRF105) และปทุมธานี 60 (DRF60) ที่ไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลน มีระดับการย่อยสลายไม่แตกต่างกัน (p>0.05) เนื่องจากข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีปริมาณโปรตีนเริ่มต้นใกล้เคียงกัน (DRF105 และ DRF60 มีโปรตีนร้อยละ 9.02 และร้อยละ 8.95 ตามลำดับ) แสดงว่าปริมาณอะไมโลสไม่มีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนในข้าว และระดับการย่อยสลายมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นเอนไซม์ต่อซับสเตรท (E/S) สูงขึ้น แต่เมื่อความเข้มข้น E/S เป็นร้อยละ

10(w/w) โปรตีนไฮโดรไลเซท์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีระดับการย่อยสลายเริ่มคงที่ (Figure 1) เนื่องจากปริมาณของซับสเตรทไม่เพียงพอกับปริมาณเอนไซม์ (Wilkinson, 1961; Jack และ Mona, 1966)

สำหรับสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ได้แก่ สมบัติการยับยั้งอนุมูล DPPH˙ สมบัติการเกิดอิมัลชั่น และการเกิดฟอง พบว่าเมื่อความเข้มข้นเอนไซม์สูงขึ้นส่งผลให้สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซทเพิ่มขึ้น โดยโปรตีนไฮโดรไลเซท DRF60 มีแนวโน้มการยับยั้งอนุมูล DPPH˙ สูงกว่าโปรตีนไฮโดรไลเซท DRF105 ซึ่งมีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงสุดเท่ากับร้อยละ 93.07 เมื่อไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลนเข้มข้นร้อยละ 20 (w/w) (Figure 2) เนื่องจากปริมาณอะไมโลสมีผลต่อปริมาณสารกลุ่มฟีนอล และกลุ่ม H_2 generated ซึ่งสามารถให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระได้ (Tanabe และคณะ, 2012) โปรตีนไฮโดรไลเซท DRF60 ซึ่งได้จากข้าวอะไมโลสสูงประมาณร้อยละ 30 จึงสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ดีกว่าโปรตีนไฮโดรไลเซท DRF105 ซึ่งได้จากข้าวอะไมโลสต่ำ (ร้อยละ 15) สอดคล้องกับรายงานของ Sompong และคณะ (2011) พบว่าข้าวชนิดอะไมโลสสูงมีประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระดีกว่าข้าวชนิดอะไมโลสต่ำ

สมบัติการเกิดอิมัลชั่นและการเกิดฟอง พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซท DRF105 มีค่าสูงกว่าโปรตีนไฮโดรไลเซท DRF60 โดยมีค่าสูงสุดเมื่อไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลนร้อยละ 20 (w/w) มีค่าเท่ากับร้อยละ 16.67 และ 77.00 ตามลำดับ (Figure 3) อาจเนื่องจากปริมาณอะไมโลสที่ละลายอยู่ในโปรตีนไฮโดรไลเซทขัดขวางการเกิดอิมัลชั่นและการเกิดฟองของโปรตีน ดังนั้นโปรตีนไฮโดรไลเซท DRF105 ซึ่งได้จากข้าวชนิดไมโลสต่ำจึงมีสมบัติการเกิดอิมัลชั่นและการเกิดฟองที่ดีกว่าโปรตีนไฮโดรไลเซท DRF60

สรุปผล

ระดับการย่อยสลายและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 (DRF105) และปทุมธานี 60 (DRF60) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อถูกไฮโดรไลซ์ด้วยความเข้มข้นเอนไซม์ต่อซับสเตรทสูงขึ้น โดยโปรตีนไฮโดรไลเซท DRF60 มีสมบัติการยับยั้งอนุมูล DPPH˙ สูงสุด เท่ากับร้อยละ 93.07 เมื่อถูกไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลนความเข้มข้นเอนไซม์ต่อซับสเตรทร้อยละ 20 (w/w) แต่โปรตีนไฮโดรไลเซท DRF105 เมื่อถูกไฮโดรไลซ์ด้วยโบรมิเลนที่ความเข้มข้นเอนไซม์ร้อยละ 20 (w/w) มีค่าการเกิดฟองและการเกิดอิมัลชั่นสูงสุด เท่ากับร้อยละ 77.00 และ 16.67 ตามลำดับ

คำขอบคุณ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ภายใต้โครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากรเพื่อการวิจัยและพัฒนาสำหรับภาคอุตสาหกรรม (NSTDA-University-Industry Research Collaboration: NUI-RC) โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิท ยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

อรพรรณ เสลามาศสกุล, 2553, การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่ายด้วยเอนไซม์เพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารและสารเสริมสุขภาพ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Cao X., Wen H., Li C. and Gu Z., 2009, Differences in Functional Properties and Biochemical Characteristics of Congenetic Rice Proteins, Journal of Cereal Science, 50: 184-189.

Chandi G.K. and Sogi D.S., 2007, Functional Properties of Rice Bran Protein Concentrates, Journal of Food Engineering, 79: 592-597.

Gennis, R.B. and Jonas, A., 1977, Protein-lipid Interactions, Annual Review of Biophysics and Bioengineering, 6: 195-238.

Gao, D., Cao, Y. and Li, H., 2010, Antioxidant Activity of Peptide Fractions Derived from Cottonseed Protein Hydrolysate, Journal of the Science of Food and Agriculture, 90: 1855-1860.

Guo, X., Zhang, J., Ma, Y. and Tian, S., 2013, Optimization of Limited Hydrolysis of Proteins in Rice Residue and Characterization of the Functional Properties of the Products, Journal of Food Processing and Preservation, 37: 245-253.

Jack, F.K. and Mona, I., 1966, The Kinetics of the Papain-catalyzed Hydrolysis of Esters of Carbobenzoxyglycine Evidence for an Acyl-enzyme Intermediate, Biochemistry, 5: 783-791.

Li, Y., Jiang, B., Zhang, T., Mu, W. and Liu, J., 2008, Antioxidant and Free Radical-scavenging Activities of Chickpea Protein Hydrolysate (CPH), Food Chemistry, 106: 444-450.

Molina Ortiz, S.E. and Wagner, J.R., 2002, Hydrolysates of Native and Modified Soy Protein Isolates: Structural Characteristics, Solubility and Foaming Properties, Food Research International, 35: 511-518.

Netto, F.M. and Galeazzi, M.A.M., 1998, Production and Characterization of Enzymatic Hydrolysate from Soy Protein Isolate, Lebensmittel-Wissenschaft and Techologie, 31: 624-631.

Panyam, D. and Kilara, A., 1996, Enhancing the Functionality of Food Proteins by Enzymatic Modification, Trends in Food Science and Technology, 71: 120-125.

Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., and Nakamura, T., 1992, Antioxidative Properties of Xanthan on the Antioxidation of Soybean Oil in Cyclodextrin Emulsion, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40: 945–948.

Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G. and Berghofer, E., 2011, Physicochemical and Antioxidative Properties of Red and Black Rice Varieties from Thailand, China and Sri Lanka, Food Chemistry, 124: 132-140.

Tanabe, H., Sasaki, Y., Yamamoto, T., Kiriyama, S. and Nishimura, N., 2012, Suppressive Effect of High Hydrogen Generating High Amylose Cornstarch on Subacute Hepatic Ischemia-reperfusion Injury in Rats, Bioscience of Microbiota, Food and Health, 31: 103–108

Wilkinson, G.N., 1961, Statistical Estimations in Enzyme Kinetics, Journal of Biochemical, 80(2): 324-332.

Zhao, G., Liu, Y., Ren, J., Zhao, M. and Yang, B., 2013, Effect of Protease Pretreatment on the Functional Properties of Protein Concentrate from Defatted Peanut Flour, Journal of Food Process Engineering, 36: 9–17.

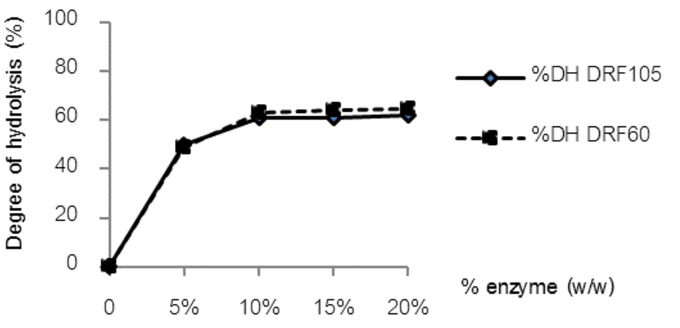


Figure 1 Degree of hydrolysis (%DH) of protein hydrolysis from DRF105 and DRF60 by bromelain with various concentrations; 0, 5, 10, 15 and 20% (w/w) for 4 hrs.

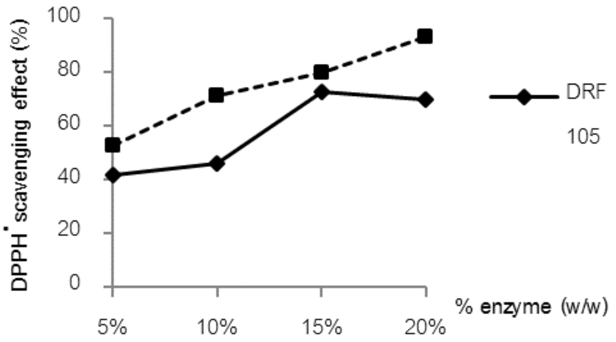


Figure 2 %DPPH• scavenging effect of protein hydrolysate from DRF105 and DRF60 by bromelain with various concentrations; 0, 5, 10, 15 and 20% (w/w) for 4 hrs.

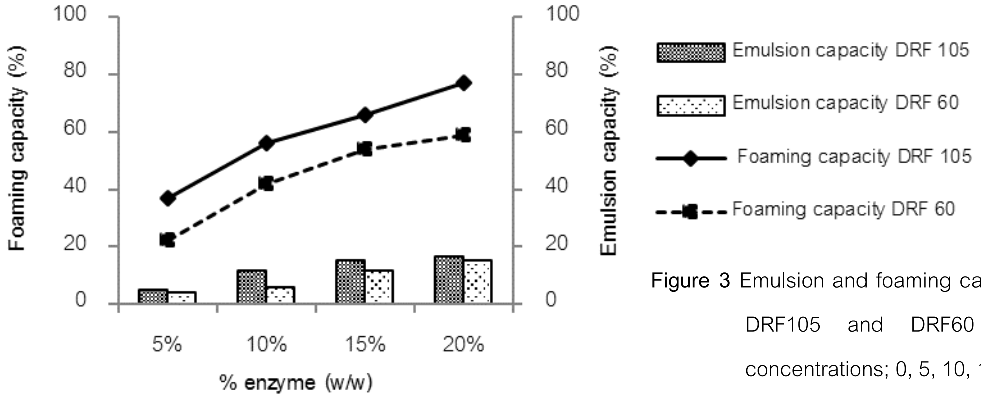


Figure 3 Emulsion and foaming capacity of protein hydrolysate from DRF105 and DRF60 by bromelain with various concentrations; 0, 5, 10, 15 and 20% (w/w) for 4 hrs.

อิทธิพลของโพแทสเซียมไนเตรตต่อการสังเคราะห์ฟีนอลิคและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเซลล์แขวนลอยองุ่น

Induced Phenolic Biosynthesis and Antioxidant Activity of Grape *Vitis vinifera* Cell Suspension by Potassium Nitrate

นภาภรณ์ แซ่ลี้[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]และ แฟรงค์ มัททา[2]
Sae-Lee, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Matta, F.B.[2]

Abstract

Growth responses, phenolic contents and 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH) activity of *Vitis vinifera* cv. Pok Dum cell suspension were analyzed after treated with potassium nitrate (KNO_3) at various concentration (0, 500, 1,000 and 2,000 mg/L). It was found that the dried biomass of grape cell suspension culture was the highest (2.54 g/ L DW) in cells treated with 1,000 mg/ L KNO_3. Total phenolic contents of the cell suspension culture were evaluated by Folin–Ciocalteau method. In the 7th day, the grape cell suspension culture treated with KNO_3 had lower concentration of phenolics than that the control culture. However, in cell suspension culture of *V. vinifera,* 500 mg/L KNO_3 favored the phenolics production and accumulated at 16.59 mg/ g DW in 14 cultured days. In addition, the highest antioxidant activity (DPPH) (0.65 mM trolox/100g DW) was detected at the highest concentration (2,000 mg/ L) of KNO_3.

Keywords: *Vitis vinifera*, phenolics, antioxidant activity, suspension culture

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโต ปริมาณฟีนอลิค และคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธี 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH) ของ *Vitis vinifera* cv. Pok Dum เพาะเลี้ยงแบบเซลล์แขวนลอยที่เติมโพแทสเซียมไนเตรต 4 ความเข้มข้น คือ 0, 500, 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าเซลล์แขวนลอยองุ่นมีน้ำหนักแห้งสูงสุดเมื่อเติมโพแทสเซียมไนเตรต เข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเท่ากับ 2.54 กรัมต่อลิตร สำหรับปริมาณฟีนอลิคของเซลล์แขวนลอยองุ่นเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Folin–Ciocalteau พบว่า ภายในระยะเวลา 7 วัน การเติมโพแทสเซียมไนเตรต มีผลให้ปริมาณฟีนอลิคน้อยกว่าชุดควบคุม อย่างไรก็ตาม การเติมโพแทสเซียมไนเตรต ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำเซลล์แขวนลอยขององุ่น ให้มีปริมาณ phenolics สูงที่สุด เท่ากับ 16.59 mg/g น้ำหนักแห้ง ภายในระยะเวลา 14 วัน นอกจากนี้การเติมโพแทสเซียมไนเตรตในอาหารเหลว 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตรมีผลทำให้เซลล์แขวนลอยองุ่นมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เท่ากับ 0.65 mM trolox/ 100g น้ำหนักแห้ง

คำสำคัญ: องุ่น ฟีนอลิค สารต้านอนุมูลอิสระ เซลล์แขวนลอย

Introduction

Plant cell and tissue cultures have been used as an attractive alternative sources to the whole plant for the production of valuable natural products such as pharmaceuticals and neutraceuticals because it produces higher yield of secondary metabolites in less time period than the whole plant (Chong *et al*., 2005). Phenolic compounds are C-rich metabolites that represent the largest group of plant secondary metabolites. For example, phenolic compounds are important antioxidant and may play an important role as scavengers of free radicals and other oxidative species (Grace *et al*., 2000). Using *Vitis vinifera* suspension cultures, we showed that these cells synthesize the major polyphenols found in red wine, i.e. anthocyanins, proanthocyanidins, catechins, and

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University, 49 Tien-talay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2] P.O Box 9555, MS State, Mississippi , 39762, USA

stilbenes (Waffo-Teguo *et al*., 1996). Based on knowledge of biosynthetic pathways, the synthesis of plant secondary metabolites can be enhanced by supplementing the culture media with precursors or elicitors. Potassium application of carbohydrates for plant growth (Wanyoko, 1983) and to increase photosynthetic rates (Haukioja *et al*., 1998). This resulted in the biosynthesis of carbon-based secondary metabolites, such as flavonoids, phenolic acids, and tannins, known as total polyphenols, which are antioxidant in nature (Haukioja *et al*., 1998). Here, the effects of various potassium nitrate elicitors on production of phenolics on grape cell suspension culture were investigated. Antioxidant activity determined by DPPH assay was monitored to examine the relationship between the production of desired secondary metabolites and the defense mechanism of the plant.

Materials and Methods

Plant material

Seeds were separated from fruits of *Vitis vinifera* cv. Pok Dum purchased from Talad Thai Market, Pathumthani, Thailand. Surface cleaning of grape seeds were done by soaking in 75% alcohol for 30 s, then by 10% NaOCl for 10 min and 5% NaOCl for 15 min, followed by three sequential rinses in sterile distilled water for 5 min. The seed was subjected into solid Murashige and Skoog (MS) (1962) medium and observed until root and shoot protuberance or emergence which was about 30 days. When shoots and roots were 5-6 cm length, they were cut into 5±1 mm segments, and used as explants. The explant was sterile with 75% alcohol for 30 s, then in 10% NaOCl for 10 min and 5% NaOCl for 15 min, followed by three sequential rinses in sterile distilled water for 5 min, similar to surface cleaning of seed. The sterile pieces of shoot and root were subjected into MS medium for initiation to callus. Cultures were incubated for 4 weeks at 25ºC with 16 h photoperiods.

Suspension culture

MS basal medium containing 0.1 mg/L BA without agar was used for suspension culture. About 200 mg callus tissues were transferred from solidified medium into 150 mL conical flasks containing 50 mL of liquid medium. The cultures were incubated on a rotary shaker operated at 120 rpm.

Effect of potassium nitrate on cell culture

To stimulate phenolic production from cell suspension, potassium nitrate (KNO_3) was tested. To investigate the effects of KNO_3, cells were cultured in liquid MS-based medium with KNO_3 at different concentrations (0, 500, 1,000 and 2,000 mg/ L). Cells were collected immediately (time 0) and at 7, 14, 21, 28 days after treated with KNO_3. The harvested cells on the filter paper were used for determination of dry cell weight, phenolic content and antioxidant activity.

Parameters

1. Plant growth analysis; cells were collected, separated from the media by filtration, washed with distilled water to remove residual medium, and then filtered under vacuum to obtain fresh pellets, were further dried in a laboratory oven at 60±1 ºC for 48 h after which, the dry weight was recorded. The growth yield was calculated as: harvested FW (g)/inoculated medium (L).

2. Extraction procedures and phenolic content; the dried cell biomasses were finely ground and the powdered cell material was extracted over-night in 1.0% HCl-methanol (1:50 wt/vol) by maceration in a shaker at 120 rpm at room temperature. 1.0% HCl-methanol extracts were filtered. For total phenolic determination, an aliquot (1 mL) of extract solution was mixed with 5 ml of a 10-fold diluted Folin–Ciocalteu reagent (Sigma, USA) with thorough shaking. After 5 min, 4 mL of Na_2CO_3 (7.5%, w/v) was added and the mixture was allowed to stand for 60 min in the dark. Absorbance was measured at 765 nm.

3. Antioxidant activity of extract was determined by using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radicals. One millilitres of DPPH (1 mM DPPH radical solution in 95% ethanol) solution was mixed with 1 ml of extract,

vortexed and then incubated for 30 min at room temperature. The reduction in the absorbance at 517 nm was recorded using a UV–vis spectrophotometer and results were expressed in mM Trolox equivalents (TE) per 100 g dry weight of the sample.

Results and Discussion

The effects of potassium nitrate (KNO_3) with varied concentrations play an important role in biomass accumulation and secondary metabolite production (Rao and Ravishankar, 2002). Cell growth was monitored by measuring the dry cell weight (DW) at days 0, 7, 14, 21, and 28. All treatments showed a similar growth curve to the control (Figure 1). Among different concentrations of tested KNO_3, the highest accumulation of biomass was observed in the grape cell suspension culture with 1,000 mg/L KNO_3 which accumulated biomass was 2.54 g/L DW. Similar results were reported with the cell suspension cultures of *Withania somnifera* for the production of *withanolide A* (Praveen and Murthy, 2010). In the 7^{th} day, the suspension cells treated with KNO_3 had lower concentration of phenolics than that the control culture. However, in cells suspension of *V. vinifera* with 500 mg/L KNO_3 favored the phenolics production which accumulated 16.59 mg/g DW in 14 days of cultured (Figure 2). In addition, the antioxidant activity of plant extracts is primarily carried out by phenolic compounds (Yesil-Celiktas *et al*., 2007). In our study, the effects of different concentrations of KNO_3 on antioxidant activity were assessed by the DPPH radical scavenging activity (Figure 3). When *V. vinifera* suspension cells treated with four doses of KNO_3, the antioxidant activity increased in the early period from day 0 until day 7. The activity determined by DPPH ranged from 0.26-0.65 mM trolox/100g DW which the highest activity (0.65 mM compared to 0.26 mM in control) detected in suspension cells cultured with 2,000 mg/L KNO_3.

Summary

The biomass and secondary metabolites accumulation of *V. vinifera* cell suspension cultures were influenced by potassium nitrate. The highest accumulation of biomass was recorded in the medium with KNO_3 1,000 mg/ L and the highest production of phenolic contents was recorded in the medium with 500 mg/ L. The highest antioxidant activity (DPPH) production of 0.65 mM trolox/ 100g DW in liquid medium supplemented with KNO_3 at 2,000 mg/ L.

Acknowledgments

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University (NRU) Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission, King Mongkut's University of Technology Thonburi, and the Thailand Research Fund through the Royal Golden Jubilee Ph.D. Program (Grant No. PHD/0107/2554).

Literature cited

Chong, T.M., Abdullah, M.A., Lai, O.M., NorAiNi F.M. and Lajis, N.H., 2005, Effective Elicitation Factors in *Morinda elliptica* Cell Suspension Culture, Process Biochemistry, 40: 3397-3405.

Grace, C.S. and Logan, B.A., 2000, Energy Dissipation and Radical Scavenging by the Plant Phenylpropanoid Pathway, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 355: 1499-1510.

Haukioja, E., Ossipov, V., Koricheva, J., Honkanen, T., Karsson, S. and Lempa, K., 1998, Biosynthetic Origin of Carbon-based Secondary Compounds: Cause of Variable Responses of Woody Plants to Fertilization, Chemoelogy, 8: 133–139.

Murashige, T. and Skoog, F., 1962, A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures, Journal of Plant Physiology, 15: 473–497.

Praveen, N. and Murthy, H.N., 2010, Establishment of Cell Suspension Cultures of *Withania somnifera* for the Production of Withanolide, Bioresource Technology, 101: 6735-6739.

Rao, S.R. and Ravishankar, G.A., 2002, Plant Cell Cultures: Chemical Factories of Secondary Metabolites, Biotechnology Advances, 20(2):101-153.

Waffo-Teguo, P., Fauconneau, B., Deffieux, G., Huguet, F., Vercauteren, J. and Merillon, J.M., 1998. Isolation, Identification and Antioxidant Activity of Three Stilbene Glucosides Newly Extracted from *Vitis vinifera* Cell Cultures, Journal of Natural Products, 61: 655–657.

Wanyoko, J.K., 1983, Fertilizer on Tea: Nitrogen—A Review. Tea, 4: 28–35.

Yesil-Celikta, O, Hames-Kocabas, E.E., Bedir, E., Vardar-Sukan, F., Ozek, T. and Baser, K.H.C., 2007, Antimicrobial Activities of Methanol Extracts and Essential Oils of *Rosmarinus officinalis*, Depending on Location and Seasonal Variations, Food Chemistry, 100: 553-559.

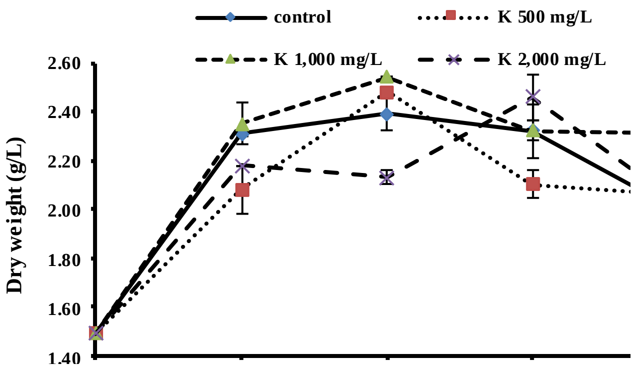


Figure 1 Growth of *Vitis vinifera* cv Pok Dum cell suspension cultures elicitated with potassium nitrate (KNO_3)

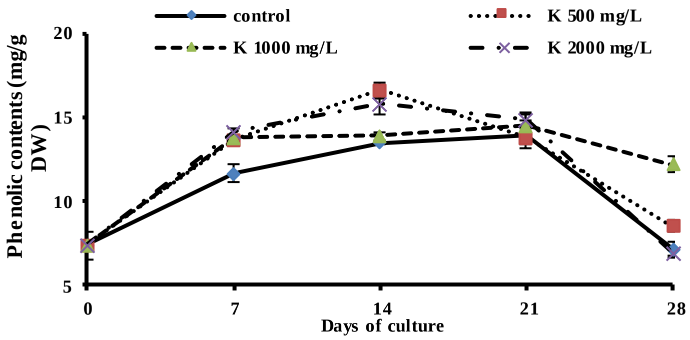


Figure 2 Effect of potassium nitrate (KNO_3) on phenolic contents (mg/g DW) of the *Vitis vinifera* cv Pok Dum cell suspension cultures

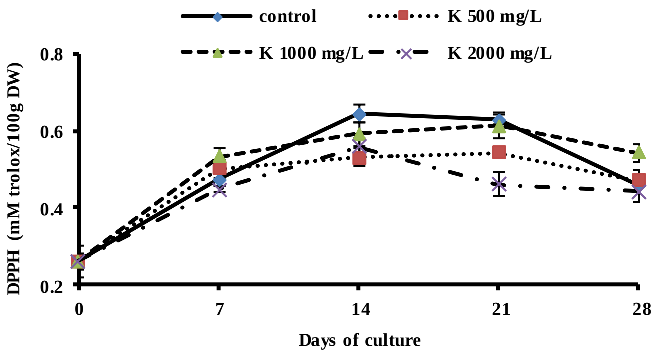


Figure 3 Effect of potassium nitrate (KNO_3) on antioxidant activity measured in DPPH and expressed in trolox equivalent (mM trolox/100g DW) of the *Vitis vinifera* cv Pok Dum cell suspension cultures

อิทธิผลของขุยมะพร้าว เปลือกไข่ และกากโปรตีนทานตะวันต่อสมบัติของโฟมแป้งมันสำปะหลัง
Coconut Husk, Eggshell and Sunflower Meal Protein Affects on Cassava Starch Foam Properties

ณัติฐพล ไข่แสงศรี[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] ณัฐธิรา สุขบูรณ์[2] และ แฟรงค์ มัททา[3]
Kaisangsri, N.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1], Sukboon, N.[2] and Matta, F.B.[3]

Abstract
Cassava starch foam (CSF) blended with coconut husk, eggshell and sunflower meal protein was made by baking in hot mold. The CSF properties; were evaluated including density, compressive strength, water absorption index, and water solubility index. Results showed that the density of CSF blended with eggshell and sunflower meal protein was increased. However, the density of CSF blended with coconut husk remained as its control. Moreover, it was found that compressive strength was increased with the addition of 10% coconut husk (2.52 MPa). Water absorption index and water solubility index of CSF were decreased with the addition of coconut husk, eggshell, and sunflower meal protein.
Keywords: water absorption index, water solubility index, density, compressive strength

บทคัดย่อ
โฟมแป้งมันสำปะหลังผสมขุยมะพร้าว เปลือกไข่ และกากโปรตีนทานตะวันขึ้นรูปโฟมโดยใช้แม่พิมพ์ร้อน และศึกษาสมบัติของโฟม ได้แก่ ความหนาแน่น แรงต้านการกดทับ ดัชนีการดูดซึมน้ำและการละลายน้ำ พบว่า ความหนาแน่นของโฟมแป้งเพิ่มขึ้นเมื่อเติมเปลือกไข่ และกากโปรตีนทานตะวันเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความหนาของโฟมแป้งที่ผสมขุยมะพร้าว ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับโฟม control นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมขุยมะพร้าวทำให้แรงต้านการกดทับ เพิ่มขึ้น โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.52 MPa ส่วนดัชนีการดูดซึมน้ำและดัชนีการละลายน้ำของโฟมแป้งลดลงเมื่อเติมขุยมะพร้าว เปลือกไข่ และกากโปรตีนทานตะวัน
คำสำคัญ: ดัชนีการดูดซึมน้ำ ดัชนีการละลายน้ำ ความหนาแน่น แรงต้านการกดทับ

Introduction
Petroleum-based plastic packaging is used extensively, polystyrene foam is most common in single-use plastic packaging due to its high strength, low density and low cost (Glenn and Orts, 2001). Packaging from petroleum-based products may require several years to degrade. Therefore, consumers are often interesting in environmentally friendly packaging (Shogren *et al*., 1998). Starch is one possible alternative material for making foam because of low cost, low density, non-toxic, renewability and biodegradable (Yew *et al*., 2005). Starch has been processed in various ways to make products with some properties similar to petroleum-based plastic (Glenn and Orts, 2001). Shogren *et al*. (2002) developed a technology for producing molded starch foam containers using a baking technology similar to that used for making wafer cookies. The shaped starch foams can be produced by baking starch/water batters in heated closed molds, steam generated from the water of starch batter acts as the blowing agent to create foam inside the mold (Shogren *et al*., 2002).

However, foams made from starch are brittle and sensitive to water and require further treatments or ingredients to improve their strength, flexibility, and water resistance for such applications as plates and clamshells (Shogren *et al*., 2002). To overcome these problems, association of starch foam with other biopolymers

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Teintalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2] ห้องเรียนวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
[2] Engineering Science Classroom, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140
[3] P.O Box 9555, MS State, Mississippi , 39762, USA

is a strategy to obtain low cost and compostable material. Agricultural product also constitute an interesting source for economic biopolymers suitable for packing. In particular, sunflower proteins are agricultural residue from sunflower oil processing. Moreover, the proteins possess multiple function properties, such as solubility, gelation, elasticity, emulsification and cohesion-adhesion (Cuq *et al*., 1998). The addition of sunflower proteins to plate container made of starch led to reduction in water absorption without affecting mechanical properties (Salgado *et al*., 2008). Fibers have been studied in various applications and reviewed by many authors because of their excellent specific properties, such as high strength, low weight and good barrier properties (Vercelheze *et al*., 2012). Mali *et al*. (2010) reported that fiber addition at low levels could improve the water resistance, but at high levels resulted in denser and more colored foams.

One option for the replacement of petroleum-based and synthetic polymers is to use natural polymers such as native starch, and protein. Thus, the objective of this study was to evaluate the physical properties (density, compressive strength, water absorption index and water solubility index) of cassava starch foam mixed with adding agents of agricultural products including coconut husk, sunflower meal proteins and eggshell.

Materials and Methods

Cassava starch batter (80g in 100 mL of water) was mixed with additives (coconut husk, sunflower meal protein and eggshell) at 3 concentrations of 0, 5 and 10% by weight of starch. The formulation was homogenized using a blender (8011BU, Waring, USA) at 18,000 rpm for 5 min. Eighty grams of starch batter with the additive was heated in a hot baking mold, at 200°C for 5 min. Foam specimens were kept in conditioning chambers for 1 week. Conditioning chambers having specific RH of 75.3% were conditioned with saturated, aqueous solutions of NaCl salts. The properties of the foam that were evaluated included density by using the sand volumetric displacement method (Cinelli *et al*., 2006), compressive strength (ASTM, 1973), water absorption index, and water solubility index (AACC method 56-20),

Results and Discussion

The appearance of cassava starch foam (CSF) mixed with coconut husk, eggshell and sunflower meal protein is displayed in Figure 1. Color of CSF mixed with protein was darker with increasing concentration of protein. Moreover, color of CSF mixed with coconut husk and sunflower meal protein was light brown due to the original color of the tested material and high temperature during the baking process (Salgado *et al*., 2008). Density of CSF ranged from 0.3 to 0.4 g/cm^3 (Figure 2a). The foam density increased with increasing eggshell and sunflower meal protein concentration. This was probably due to eggshell and sunflower meal protein increased viscosity and resistance to expansion, resulting in the difficulty in swelling during foam forming, thus, the density was high than CSF alone (Glenn and Orts, 2001; Salgado *et al*., 2008). On the other hand, the addition of coconut husk did not change compared with its control CSF (Figure 2a). Changes in density depend on the type of fiber in the foam (Bénézet *et al*., 2012), in which coconut husk might not increase the viscosity of starch foam.

Compressive strength of CSF mixed with coconut husk increased with increasing coconut husk content (Figure 2b). The addition of 10% coconut husk into CSF resulted in the greatest compressive strength (2.52 MPa) due to their fibrous network formations. The interfacial interaction between fiber and starch matrix had a very good result that was similar to chemical functional groups (Soykeabkaew *et al*., 2004). On the contrary, addition of eggshell into cassava starch foam resulted in the lowest compressive strength. Some authors reported that the presence of other components in the starch matrix, which decrease the high cohesion forces of this polymeric matrix, also decrease strength of these materials (Shogren *et al*., 2002; Cinelli *et al*., 2006). According to Glenn and Orts (2001) the $CaCO_3$ increased the density of the foams without appreciably improving strength.

Water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI) of cassava starch foam were decreased with addition of coconut husk, eggshell and sunflower meal protein (Figure 2c and 2d). The greatest WAI (12.14) was observed in CSF because the water molecules could easily diffuse to H-bonds with OH-groups of glucose units along the polymer chains (Schlemmer and Sales, 2010). The addition of sunflower proteins to trays made of cassava starch led to reduction in water absorption. Our findings agree with Salgado *et al*. (2008), who found that water absorption and water content of cassava starch trays decreased with addition of sunflower proteins. WAI and WSI of CSF mixed with eggshell decreased with increasing eggshell content. This was due to the hydrophobic characteristic of eggshell powder. Similarly, water absorption of thermoplastic starch/eggshell powder composites decreased with increasing amounts of both commercial calcium carbonate and eggshell powder fillers (Bootklad and Kaewtatip, 2013). The lowest WAI (4.87) and WSI (5.31) was observed in CSF blended with 10% coconut husk due to the incorporation between the kraft fiber and starch matrix, resulting in a dense outer skin that was resistant to water molecules (Mali *et al*., 2010).

Summary

This study had characterized the properties of baked CSFs blended with coconut husk, eggshell and sunflower proteins. The addition of coconut husk could improve compressive strength of the CSF. Moreover, the water absorption index and water solubility index of CSF blended with coconut husk were low. This finding showed that these material represent an alternative additive to improve CSF foam trays.

Acknowledgments

This work was supported by the National Research University (NRU) Project of Thailand of the Office of the Higher Education Commission, the King Mongkut's University of Technology Thonburi, and the Research and Researcher for the Industry (RRi) of the Thailand Research Fund (TRF).

Literature cited

Bénézet, J.C., Davidovic, A.S., Bergeret, A., Ferry, L. and Crespy, A., 2012, Mechanical and Physical Properties of Expanded Starch, Reinforced by Natural Fibres, Industrial Crops and Products, 37, 435-440.

Bootklad, M. and Kaewtatip, K., 2013, Biodegradation of Thermoplastic Starch/eggshell Powder Composites, Carbohydrate Polymers, 97, 315– 320

Cinelli, P., Chiellini, E., Lawton, J.W. and Imam, S.H., 2006, Foamed Articles Based on Potato Starch, Corn Fibers and Polyvinyl Alcohol, Polymer Degradation and Stability, 91: 1147-1155.

Cuq, B., Gontard, N. and Guilbert, S., 1998, Proteins as Agricultural Polymers for Packaging Production, Cereal Chem, 75: 1–9.

Glenn, G.M. and Orts, W.J. (2001). Properties of Starch-based Foam Formed by Compression/Explosion Processing, Industrial Crops and Products, 13, 135-143.

Mali, S., Debiagi, F., Grossmann, M.V.E. and Yamashita, F., 2010, Starch, Sugarcane Bagasse Fibre, and Polyvinyl Alcohol Effects on Extruded Foam Properties: A Mixture Design Approach, Industrial Crops and Products, 32: 353-359.

Salgado, P.R., Schmidt, V.C., Ortiz, S.E.M., Mauri, A.N. and Laurindo, J.B., 2008, Biodegradable Foams Based on Cassava Starch, Sunflower Proteins and Cellulose Fibers Obtained by a Baking Process, Journal of Food Engineering, 85: 435-443.

Shogren, R.L., Lawton, J.W. and Tiefenbacher, K.F., 2002, Baked Starch Foams: Starch Modifications and Additives Improve Process Parameters, Structure and Properties, Industrial Crops and Products, 16: 69-79.

Soykeabkaew, N., Supaphol, P. and Rujiravanit, R., 2004, Preparation and Characterization of Jute- and Flax-Reinforced Starch-based Composite Foams, Carbohydrate Polymers, 58, 53-63.

Vercelheze, A.E.S., Fakhouri, F.M., Antônia, L.H.D., Urbano, A., Youssef, E.Y.Y. Yamashita, F. and Mali, S., 2012, Properties of Baked Foams Based on Cassava Starch, Sugarcane Bagasse Fibers and Montmorillonite, Carbohydrate Polymers, 87: 1302-1310.

Yew, G.H., Mohd, Y.A.M., Mohd, I.Z.A. and Ishiaku, U.S., 2005, Water Absorption and Enzymatic Degradation of Poly(lactic acid)/Rice Starch Composites, Polymer Degradation and Stability, 90: 488-500.

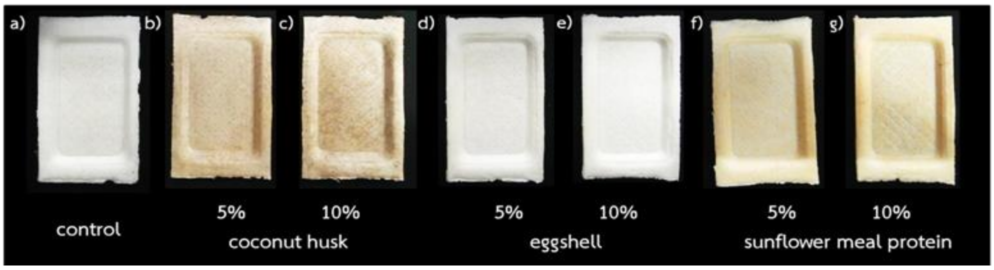


Figure 1 Appearance of cassava starch foam (CSF), a) control b) 5% coconut husk, c) 10% coconut husk, d) 5% eggshell, e) 10% eggshell, f) 5% sunflower meal protein and g) 10% sunflower meal protein w/w of starch.

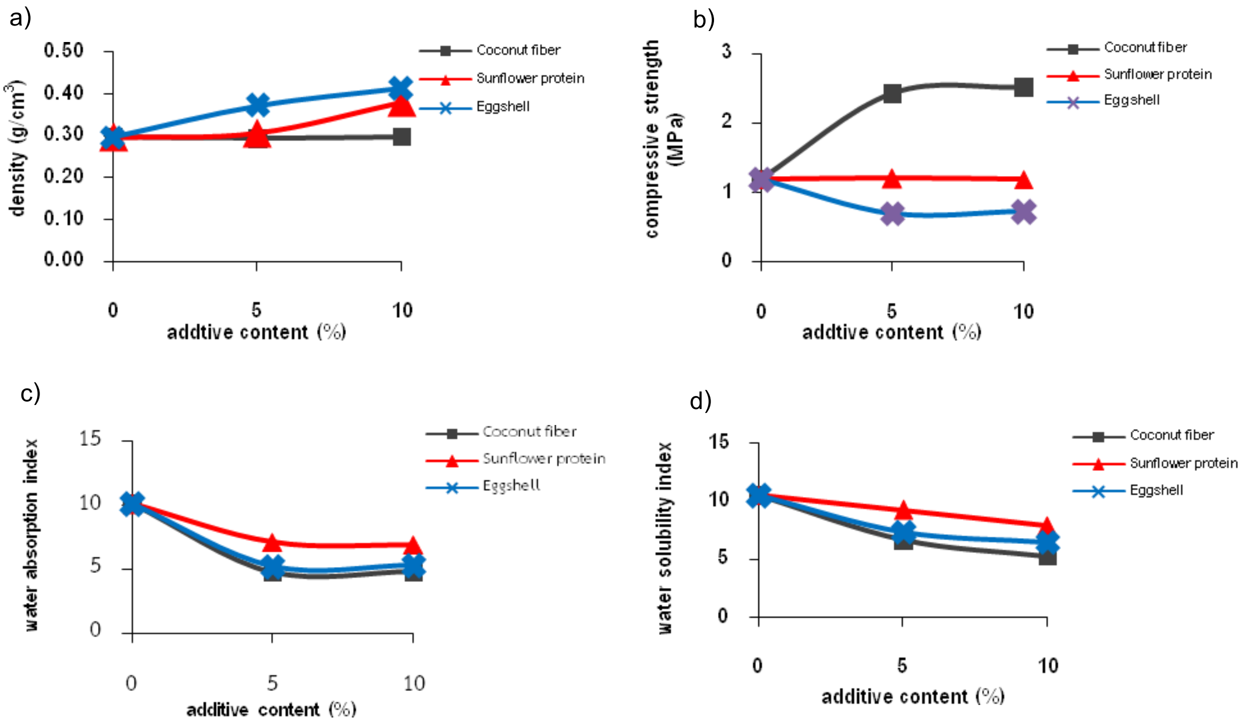


Figure 2 Effect of coconut husk, sunflower meal protein and eggshell content on a) density, b) compressive strength, c) water absorption index and d) water solubility index of cassava starch foam.

ศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงหิมพานต์
Antioxidant Capacity of Cashew Apple (*Anacardium occidentale*)

รัชฎาภรณ์ คะประสบ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ แฟรงค์ มัททา[2]
Kaprasob, R.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Matta, F.B.[2]

Abstract

Fresh cashew apple pulp is the agricultural waste or by-product from processed cashew nuts. Potential antioxidant capacity of fresh juice was monitored and compared with the concentrated juice. Results showed that fresh cashew apple juice (87.06% moisture) had high content of vitamin C (10.84-11.95 g ascorbic acid (AAE)/ kg DW) measured by titration and spectrophotometric methods. Moreover, fresh juice consisted of high total phenolics (10.37 mg gallic acid (GAE)/ 100g DW), condensed tannins (proanthocyanidins) (85.22 mg catechin (CE)/ 100g DW), and antioxidant activity by DPPH$^{\bullet}$ (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), ABTS$^{\bullet+}$ (2,2-azino-di-[3-ethylbenzthiazoline sulphonate]), hydroxyl radicals and FRAP assay. The antioxidant capacity by all antioxidant assays showed that the antioxidant capacity of fresh cashew apple juice was greater than 80% measured by hydroxyl radical scavenging and ferric ion reducing antioxidant power (FRAP), 46% by DPPH radical scavenging, and 66% by ABTS$^{\bullet+}$ radical scavenging.

Keywords: cashew apple pulp, condensed tannin, vitamin C, total phenolic content, antioxidant activity

บทคัดย่อ

เนื้อผลสดมะม่วงหิมพานต์เป็นของเสียทางการเกษตร ที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเม็ดมะม่วงหิมพานต์ งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะม่วงหิมพานต์สด และน้ำมะม่วงหิมพานต์เข้มข้น ซึ่งพบว่าน้ำมะม่วงหิมพานต์สด (ความชื้นร้อยละ 87.06) มีปริมาณวิตามินซีจากการไตเตรท และ spectrophotometry เท่ากับ 10.84–11.95 กรัมของกรดแอสคอร์บิค/ กิโลกรัมตัวอย่างแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมะม่วงหิมพานต์สด มีสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดสูง (10.37 มิลลิกรัมกรดแกลลิค/ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง) ปริมาณแทนทิน หรือโปรแอนโทไซยานิดินสูง (85.22 มิลลิกรัมคาเทชิน/ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง) และมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ทั้งวิธี DPPH$^{\bullet}$ (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), ABTS$^{\bullet+}$ (2,2-azino-di-[3-ethylbenzthiazoline sulphonate]) อนุมูลอิสระ ไฮดรอกซิล และ ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP assay) โดยสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลและยับยั้งเฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระได้มากกว่าร้อยละ 80 ยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH$^{\bullet}$ ได้ร้อยละ 46 และอนุมูล ABTS$^{\bullet+}$ ได้ร้อยละ 66

คำสำคัญ: เนื้อผลสดมะม่วงหิมพานต์ แทนนิน วิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด การต้านอนุมูลอิสระ

Introduction

Cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) is defined botanically as the fruit belonging in the family Anacardiaceae, which also includes mango and pistachio (Berry and Sargent, 2011). Cashew fruit is composed of two parts: the true fruit/ seed (cashew nut) and the peduncle/ pseudo fruit (cashew apple). The cashew nuts represented only 9.5% of the total fruit weight and large amounts of cashew apples are left in the field to rot as an agricultural by-product, which 90.5% of this production is lost or underutilized (Silveira *et al*., 2012). The peduncle is fresh, juicy and colorful color with a fine sweet flavor and aroma. Cashew apples are excellent sources of nutrition which are ascorbic acid, vitamins, minerals, organic acid, phenolics (anacardic acids), carbohydrate, reducing sugars (fructose and glucose), and some amino acids (Gyedu-Akoto, 2011). Phenolic acid and flavonoid such as anarcardic acid, cardol, tannin, and carotnoids are bioactive compounds found in cashew apple and can act as the

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Bangkhuntein, Bangkok 10150
[2] P.O Box 9555, MS State, Mississippi , 39762, USA

high potential antioxidant agents. In recent years, the cashew apple (CA) has increased in a number of processed products, such as juice, jams, jelly, syrups, candied fruit, pectin, ice-cream, various beverages and other foodstuffs (Akinwale, 2000). The purpose of this study was to evaluate the antioxidant capacity, phenolic compounds and vitamin C of cashew apple pulp and concentrated cashew apple juice for developing healthy foods or drinks.

Materials and Methods

Plant material: The cashew apple was washed with water and then cut into small pieces. The edible pieces were homogenized using a Waring blender for 5 min and kept at -20°C during the period of the study called cashew apple pulp. The juice of cashew apple was concentrated by evaporator at 30°C and 42 mbar for 3 h called concentrated cashew apple juice. Then determined the physico-chemical as following;

Vitamin C content: Ascorbic acid analysis of sample extraction was done according to the methods in AOAC Official by 2,6-dichloroindolphenol titrimetric method (AOAC, 2000) compared with spectrophotometric method of Kim *et al*. (2012), that absorbance was measured at 540 nm. Vitamin C content was expressed as g ascorbic acid equivalents (AAE)/ kg dried sample.

Determination of condensed tannin content: Condensed tannins or proantrocyanidins were measured using the modified vanillin assay described by Sun *et al*. (1998). Three millilitres of 4% methanol vanillin solution and 1.5 mL of concentrated HCl were added to 100 μL of sample. The mixture was kept for 15 min, and the absorbance was measured at 500 nm against methanol as a blank. Results were expressed as mg (+)-catechin equivalent/ 100g dried sample

Determination of total phenolic content: Total phenolic content was measured using the Folin–Ciocalteu colorimetric method (Huang *et al*., 2005). Sample 0.1 g was extracted twice for 2 h with 10 mL of 80% methanol containing 1% HCl at room temperature on a reciprocal shaker. Extract (100 μL) was mixed with 2 mL of 2% (w/v) Na_2CO_3 solution. After incubation for 3 min, 100 μL of Folin-Ciocalteu reagent was added. After standing for 30 min at room temperature, absorbance was measured at 750 nm, using distilled water as a blank. Results are expressed as g gallic acid equivalents (GAE)/ 100g dried sample.

Methods to estimate antioxidant capacity

One gram of sample was extracted by 5 mL of 80% ethanol. Then determined the antioxidant capacity as following;

1) DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging efficiency: The scavenging effect was measured according to the modify method of Bersuder *et al*. (1998).

2) ABTS (2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline -6-sulfonic) radical scavenging activity: The scavenging activity was measured according to Shan *et al*. (2005).

3) Hydroxyl radical scavenging activity: The scavenging effects were assayed using the method of Zhang *et al*. (2008).

4) Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) assay: The antioxidant power were measured according to the method of Benzie and Strain (1996).

Results and Discussion

Vitamin C, total phenolic and condensed tannins of cashew apple pulp and concentrated cashew apple juice were summarized on Table 1. Cashew apple was an important source of ascorbic acid, ranging from 10.84 to 11.95 g/kg DW or 140.23 to 154.60 mg/ 100g FW. It was found that vitamin C content in cashew apple was higher than that found in concentrated cashew apple. These results indicated that resulting in loss of vitamin C in fruits and vegetables due to heat accelerates the degradation process (Nicoli *et al*., 1999). Furthermore, the amount of vitamin C in cashew apple was higher than the values reported from grape (38 mg/ 100g), orange (50 mg/ 100g), and strawberries (59 mg/ 100g), as reported by Eromosele *et al*. (1991). For the ascorbic acid

measurement, it was found that the spectrophotometric method yielded a higher value than the titration method. The value of ascorbic acid in this finding was consistent with research reported previously for cashew apple juice. Thus, both methods; spectrophotometric and titration methods are suitable for ascorbic acid measurement.

Biologically active compounds with antioxidant properties included condensed tannins or proanthocyanidins, which were the oligomers and polymers of flavan-3-ols (Havsteen, 2002). Proanthocyanidins were responsible for typical astringency of some fruits, but also showed strong radical scavenger activity (He *et al*., 2011). In present study, cashew apple presented 85.22 mg/ 100g DW or 11.03 mg/ 100g FW of tannin contents, higher than that found in concentrated cashew apple (27.19 mg/ 100g DW) (Table 1). The lower tannin content could be due to degradation at high temperature, when juices were submitted to concentration process. Queiroz *et al*. (2011) have reported that the tannin content, during kept at 40°C, decreased of 25% of its original content.

Total antioxidant activity expressed by Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC), Total phenolic content in cashew apple and concentrated cashew apple are presented in Table 1. The total phenolic content of cashew apple was 10.37 mg/ 100g DW which was higher than those found in concentrated cashew apple (2.58 mg/ 100g DW) or 5-fold of concentrated cashew apple. This finding agreed with ascorbic acid content that the cashew apple was 5-fold greater than in concentrated cashew apple. Concentration process and boiling caused a decrease on phenolic content of cashew apple, in agreement with other studies (Ramírez-Moreno *et al*., 2013).

The antioxidant activities of cashew apple were higher than those of concentrated cashew apple, all in terms of the ABTS, DPPH, and hydroxyl radical scavenging activity and the FRAP assay (Table 1). Cashew apple was presented high antioxidant capacity by 4 methods used (ABTS, DPPH, FRAP and hydroxyl radicals), which could be related to the high levels of ascorbic acid and total phenolic compounds. The loss of phenolics and vitamin C could affect the antioxidant properties in processed plant food (Nicoli *et al*., 1999). Thus, cashew apple juice had a drastic loss of total phenolic and ascorbic acid contents after concentration process, which was consistent with a decrease on the antioxidant activities (8-57%).

Summary

Cashew apple pulp had high content of vitamin C from 2 measurements by titration and spectrophotometric methods. Total phenolic, condensed tannins (proanthocyanidins), and antioxidant activities (DPPH•, ABTS•+, hydroxyl radicals and FRAP assay) in cashew apple pulp was also greater than concentrated juice. Cashew apple pulp can be a good source for developing healthy foods and drinks.

Acknowledgments

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission, King Mongkut's University of Technology Thonburi, The Royal Golden Jubilee Ph.D Program and Heritage Grower Corporation Ltd.

Literature cited

Akinwale, T.O., 2000, Cashew Apple Juice: Its Use in Fortifying the Nutritional Quality of Some Tropical Fruits, European Food Research and Technology, 211(3): 205-207.

AOAC, 2000, Association of Official Analytical Chemists, 14, Washington D.C, Pages.

Benzie, I. and Strain, J., 1996, Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of Antioxidant Power: The FRAP Assay, Anal Biochem, 239: 70 - 76.

Berry, A.D. and Sargent, S.A., 2011, Cashew Apple and Nut (*Anacardium Occidentale* L.). Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Yahia, E.M. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, 2: 414-422.

Bersuder, P., Hole, M. and Smith, G., 1998, Antioxidants from a Heated Histidine-Glucose Model System. I: Investigation of the Antioxidant Role of Histidine and Isolation of Antioxidants by High-Performance Liquid Chromatography, JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society, 75(2): 181-187.

Eromosele, I.C., Eromosele, C.O. and Kuzhkuzha, D.M., 1991, Evaluation of Mineral Elements and Ascorbic Acid Contents in Fruits of Some Wild Plants, Plant Foods for Human Nutrition, 41(2): 151-154.

Gyedu-Akoto, E., 2011, Utilization of Some Cashew by-Products, Nutrition and Food Science, 41(6): 393-400.

Havsteen, B.H., 2002, The Biochemistry and Medical Significance of the Flavonoids, Pharmacology and Therapeutics, 96(2-3): 67-202.

He, L., Xu, H., Liu, X., He, W., Yuan, F., Hou, Z. and Gao, Y., 2011, Identification of Phenolic Compounds from Pomegranate (*Punica Granatum* L.) Seed Residues and Investigation into Their Antioxidant Capacities by HPLC–ABTS+ Assay, Food Research International, 44(5): 1161-1167.

Huang, D., Ou, B. and Prior, R.L., 2005, The Chemistry Behind Antioxidant Capacity Assays, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 1841-1856.

Kim, N.J., Jang, H.L. and Yoon, K.Y., 2012, Potato Juice Fermented with *Lactobacillus casei* as a Probiotic Functional Beverage, Food Science and Biotechnology, 21(5): 1301-1307.

Nicoli, M.C., Anese, M. and Parpinel, M., 1999, Influence of Processing on the Antioxidant Properties of Fruit and Vegetables, Trends in Food Science and Technology, 10(3): 94-100.

Queiroz, C., Lopes, M.L.M., Fialho, E. and Valente-Mesquita, V.L., 2011, Changes in Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Fresh-Cut Cashew Apple, Food Research International, 44(5): 1459-1462.

Ramírez-Moreno, E., Córdoba-Díaz, D., de Cortes Sánchez-Mata, M., Díez-Marqués, C. and Goñi, I., 2013, Effect of Boiling on Nutritional, Antioxidant and Physicochemical Characteristics in Cladodes (*Opuntia ficus* Indica), LWT - Food Science and Technology, 51(1): 296-302.

Shan, B., Cai, Y.Z., Sun, M. and Corke, H., 2005, Antioxidant Capacity of 26 Spice Extracts and Charactrization of Their Phenolic Constituents, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 7749-7759.

Silveira, M.S., Fontes, C.P.M.L., Guilherme, A.A., Fernandes, F.A.N. and Rodrigues, S., 2012, Cashew Apple Juice as Substrate for Lactic Acid Production, Food and Bioprocess Technology, 5(3): 947-953.

Sun, B., Ricardo-da-Silva, J.M. and Spranger, I., 1998, Critical Factors of Vanillin Assay for Catechins and Proanthocyanidins, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(10): 4267-4274.

Zhang, S.B., Wang, Z., Xu, S.Y. and Gao, X.F., 2009, Purification and Characterization of a Radical Scavenging Peptide from Rapeseed Protein Hydrolysates, JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society, 86(10): 959-966.

Table 1 Vitamin C, tannins, total phenolics and antioxidant activity of cashew apple and concentrated cashew apple juice.

chemical composition*	Cashew apple	concentrated cashew apple
vitamin C[a] (g AAE/kg DW)		
Titration method	10.84±0.45	2.03±0.05
Spectrometric method	11.95±0.59	2.89±0.19
Tannin content[b] (mg/ 100g DW)	85.22 ± 2.42	27.19 ± 1.80
Total phenolic content[c] (g/ 100g DW)	10.37 ± 0.72	2.58 ± 0.10
Antioxidant activity (%scavenging)		
ABTS	65.68 ± 2.05	38.06 ± 4.66
DPPH	46.28 ± 3.55	19.75 ± 2.91
FRAP	89.37 ± 1.69	75.32 ± 3.44
Hydroxyl radical	80.92 ± 2.35	74.36 ± 4.45
Antioxidant activity[d] (mmol trolox/100g DW)		
ABTS	5.66 ± 0.17	0.62 ± 0.07
DPPH	4.60 ± 0.34	0.38 ± 0.05
FRAP	8.80 ± 0.16	1.40 ± 0.06
Hydroxyl radical	90.23 ± 2.68	15.58 ± 0.89

[a] Measured as g ascorbic acid equivalent (AAE)/kg DW

[b] Expressed as mg catechin equivalent (CE)/100g DW

[c] Expressed as gallic acid equivalents and expressed as g/100g DW

[d] Expressed as mmol trolox equivalents/100g DW (TEAC)

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 145-148 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 145-148 (2556)

สมบัติต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวกล้องหมักด้วยแลคติกแอซิดแบคทีเรีย

Antioxidant Activity of Fermented Brown Rice by Lactic Acid Bacteria

อรพรรณ เสลามาศสกุล[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Selamassakul, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

In the present study, brown rice (Khao Dawk Mali 105) was fermented with *Lactococcus lactis* for 0, 3, 5, 7, 14, and 21 days to produce fermented brown rice protein hydrolysate (f-RPH). Degree of hydrolysis, total phenolics and antioxidant activity of the f-RPH increased when fermentation time was increased. Antioxidant activity with respect to DPPH$^{\bullet}$ and ABTS$^{\bullet+}$ radicals of f-RPHs was two- or three-fold greater than the control. The molecular weight of f-RPHs was less than 20 kDa when analyzed by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE). All f-RPH produced by *L. lactis* could be used as functional food.

Keywords: brown rice protein hydrolysate, bioactive peptide, *Lactococcus lactis*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำข้าวกล้อง (ขาวดอกมะลิ 105) มาหมักด้วยเชื้อ *Lactococcus lactis* เป็นเวลา 0, 3, 5, 7, 14 และ 21 วัน และศึกษาสมบัติของโปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวกล้องหมัก (fermented brown rice protein hydrolysate; f-RPH) พบว่า ระดับการย่อยสลาย ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของ f-RPH เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น โดย f-RPH มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ และ ABTS$^{\bullet+}$ เพิ่มขึ้น 2-3 เท่า เมื่อเทียบกับข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก สำหรับขนาดโมเลกุลวิเคราะห์โดย sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) พบว่า f-RPH ประกอบด้วยเพปไทด์ขนาดเล็กกว่า 20 kDa ผลการทดลองนี้แสดงว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวกล้องจากเชื้อ *L. lactis* สามารถใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพได้

คำสำคัญ: โปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวกล้อง เพปไทด์ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ *Lactococcus lactis*

Introduction

Fermentation is traditionally used to improve nutritive value, organoleptic quality, functional properties and potential biological activities in fermented food products (Blandino *et al*., 2003). Although fermentation take a long time, this technique can drive the organism to synthesis a number of hydrolytic enzymes for efficiently utilizing external nutrient sources (Su *et al*., 2011). Probiotics of lactic acid bacteria (LAB) are generally recognized as safe and traditionally used to ferment milk, vegetables and animal protein sources. Due to its efficiency on producing proteinase which is a subtilisin-like serine proteases, LAB was used to hydrolyze plant protein including soy protein (Aguirre *et al*., 2008) and cereal flour (Coda *et al*., 2012). Several studies have been reported that lactic acid bacteria have the capacity to synthesize antioxidant peptides during the fermentation of various cereal flours (Rizzello *et al*., 2008; Coda *et al*., 2012). Brown rice is a good protein source for producing protein hydrolysate because rice protein is known as a nutritional, hypoallergenic, and healthy protein source (Fiocchi *et al*., 2003). However, the potential biological peptides and amino acids in rice cannot be digested with gastrointestinal enzymes due to the high abundance of carbohydrate and fiber and they are lost during the cooking process. Therefore, the purpose of this study was to utilize lactic acid bacteria for hydrolyzing bioactive peptides from brown rice.

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

Materials and Methods

Preparation of Brown Rice Protein Hydrolysates

Fermentation was performed using *Lactococcus lactis* (TISTR 1401). Ten grams of grinded brown rice (Khao Dawk Mali 105; KDML 105) was sterilized by autoclave at 121ºC and 20 psi for 15 min, and then fermented with *L. lactis* (10^9 CFU/mL). The mixture was carried out with solid-state fermentation at 37ºC. Samples were collected at 0, 3, 5, 7, 14, and 21 days of fermentation. After fermentation, distilled water was added to the fermented rice. The ratio of sample per water was 1:10 (w/v) and then stopped the reaction at 75ºC for 15 min. The dispersions were centrifuged at 5,000×g for 15 min, obtaining a supernatant and filtered through filter paper (Whatman No. 1). The brown rice protein hydrolysate solutions were kept at -20ºC prior to use and analysis. Hydrolysates of all conditions were analyzed as follows;

Degree of hydrolysis: The degree of hydrolysis (% DH) following the Qi *et al*. (1997) method which was defined as the percentage of soluble protein in trichloroacetic acid (TCA).

Sodium dodecyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE): Samples were mixed with 0.5 M Tris-HCl buffer and then boiled for 5 min. Treated samples (15 µL) were injected into 15% gel wells and run. The gel was stained with 0.2% Coomassie Brilliant Blue R-250 for 45 min and de-stained with 10% acetic acid/40% methanol solution until the bands were clear. Molecular weight markers with 2, 5, 10, 15, 20, 25, 37, 50, 75, 100, 150 and 250 kDa molecular weights were used as a reference.

1,1-diphenyl- 2-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity: One milliliter of each brown rice hydrolysate solution (100 µL of sample + 900 µL of distilled water) was added to 2 mL of 0.1 mM $DPPH^{\bullet}$ dissolved in 95% ethanol. The mixture was shaken and left for 30 min in the dark at room temperature, and then absorbance at 517 nm was measured. The scavenging effect was expressed as percentage disappearance of $DPPH^{\bullet}$, calculated by the following equation:

$$\text{DPPH scavenging effect (\%)} = \frac{A_{Blank} - (A_{Sample} + A_{Control})}{A_{Blank}} \times 100$$

where A_{Blank} = absorbance at 517 nm of 1 mL distilled water + 2 mL of 0.1 mM ethanolic $DPPH^{\bullet}$ solution, A_{Sample} = absorbance at 517 nm of 1 mL aqueous sample + 2 mL of 0.1 mM ethanolic $DPPH^{\bullet}$ solution, and $A_{Control}$ = absorbance at 517 nm of 1 mL aqueous sample + 2 mL of ethanol.

2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic (ABTS) radical-scavenging activity: The $ABTS^{\bullet+}$ reagent was prepared by mixing 5 mL of 7 mM $ABTS^{\bullet+}$ with 7 mM $K_2S_2O_8$ at ratio 2:1. After the mixture was incubated in the dark at room temperature for 12-16 h to complete the radical generation, it was diluted with 95% ethanol to give an absorbance at 734 nm of 0.700 ± 0.030 before using. $ABTS^{\bullet+}$ reagent (1 mL) was mixed with 10 µL of sample and stored for 6 min in the dark. The absorbance was measured at 734 nm, using distilled water as blank. The antioxidant activity of the sample was calculated by the same equation as $DPPH^{\bullet}$.

Total phenolic content: Total phenolic content was determined according to the Folin–Ciocalteu method. A sample of 50 µL was added to 0.95 ml distilled water, mixed and added to 5 mL (10%) Folin–Ciocalteu reagent. After incubation for 5 min, 4 mL of 7.5% sodium carbonate were added. Samples were incubated for 90 min in the dark at room temperature and absorbance was measured at 750 nm. A standard curve was prepared with gallic acid (10–60 mg/mL) and results were expressed as gallic acid equivalents/ 100 g dried sample.

Statistical analysis: All the tests were performed in triplicate. Statistical analysis was performed based on a completely randomized design (CRD). Significant differences between each sample were obtained by analysis of variance (ANOVA) using the SAS Program Version 6.0.

Results and Discussion

In this study, fermentation of *L. lactis* significantly increased the DH value and antioxidant activity of brown rice. It was previously reported that an increase in DH value and antioxidant activity was due to the hydrolysis of proteolytic enzyme produced by *L. lactis* during fermentation (Aguirre *et al*., 2008). The DH value indicated the efficiency of proteolysis enzyme produced by microbial to cleave peptide bonds at various time of fermentation. Statistical analysis shows that the DH value increased rapidly at 0 to 5 days of fermentation, thereafter reaching a plateau (Figure 1). The plateau could be due to the saturation of enzyme/substrate or the inhibitory effect of end-products (Gauthier *et al*., 1986). Antioxidant activities with respect to scavenging $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet+}$ radicals of fermented brown rice protein hydrolys from each condition were found. Throughout the hydrolysis by *L. lactis*, the $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet+}$ radical-scavenging activities of all f-RPHs were high compared to brown rice which was not fermented with *L. lactis* (Figure 1). This might be the hydrolytic action of *L. lactis* which changed in specific amino acid sequence, hydrophobicity and molecular sizes of the peptides (Coda *et al*., 2012).

The effect of *L. lactis* fermentation on brown rice protein breakdown at the different fermentation time was analyzed by SDS-PAGE and shown in figure 2. Electrophoretic results show that native rice proteins were hydrolyzed into low molecular weight peptides with their sizes less than 20 kDa. As reported by Sun *et al*. (2004), the molecular size of peptides strongly affected the overall antiradical activity of the final hydrolysate. Therefore, the antioxidant activity could be associated with the small peptides contained in f-RPHs. Beside peptides, antioxidant activity of phenolics in rice have been reported (Kesarwani *et al*., 2012). Figure 3 shows there was a positive correlation between the $DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet+}$ scavenging activity and the total phenolic content (R^2=0.798 and R^2=0.834, respectively). It was confirmed that the radical-scavenging activity might be correlated to antioxidative peptides with low molecular weight and containing phenolic compounds.

Summary

Fermentation of KDML 105 brown rice with *L. lactis* could significantly improve the antioxidative activity of f-RPH. Such antioxidant activity might be due to bioactive peptides and phenolic compounds.

Acknowledgments

This work was supported by the Royal Golden Jubilee Ph.D Program, the Higher Education Research Promotion and National Research University Project of Thailand (NRU), and King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Literature cited

Aguirre, L., Garro, M.S. and Savoy de Giori, G., 2008, Enzymatic Hydrolysis of Soybean Protein Using Lactic Acid Bacteria, Food Chemistry, 111(4): 976-982.

Blandino, A., Al-Aseeria, M.E., Pandiellaa, S.S., Canterob, D. and Webba, C., 2003, Review: Cereal-Based Fermented Foods and Beverages, Food Research International, 36: 527-543.

Coda, R., Rizzello, C.G., Pinto, D. and Gobbetti, M., 2012, Selected Lactic Acid Bacteria Synthesize Antioxidant Peptides During Sourdough Fermentation of Cereal Flours, Applied and Environmental Microbiology, 78(4): 1087-1096.

Fiocchi, A., Travaini, M., D'Auria, E., Banderali, G., Bernardo, L. and Riva, E., 2003, Tolerance to a Rice Hydrolysate Formula in Children Allergic to Cow's Milk and Soy, Clinical & experimental allergy, 33: 1576-1580.

Gauthier, S.F., Vachon, C. and Savoie, L., 1986, Enzymatic Conditions of an *in vitro* Method to Study Protein Digestion, Journal of Food Science, 51(4): 960-964.

Kesarwani, A., Chiang, P.Y., Chen, S.S. and Su, P.C., 2012, Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Organically and Conventionally Grown Rice Cultivars under Varying Seasons, Blackwell Publishing Inc.

Qi, M., Hettiarachchy, N.S. and Kalapathy, U., 1997, Solubility and Emulsifying Properties of Soy Protein Isolates Modified by Pancreatin, Journal of Food Science, 62(6): 1110-1115.

Rizzello, C.G., Cassone, A., Di Cagno, R. and Gobbetti, M., 2008, Synthesis of Angiotensin I-Converting Enzyme (Ace)-Inhibitory Peptides and γ-Aminobutyric Acid (Gaba) during Sourdough Fermentation by Selected Lactic Acid Bacteria, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(16): 6936-6943.

Su, G., Ren, J., Yang, B., Cui, C. and Zhao, M., 2011, Comparison of Hydrolysis Characteristics on Defatted Peanut Meal Proteins between a Protease Extract from *Aspergillus Oryzae* and Commercial Proteases, Food Chemistry, 126(3): 1306-1311.

Sun, J., He, H. and Bi, J.X., 2004, Novel Antioxidant Peptides from Fermented Mushroom Ganoderma lucidum, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(21): 6646-6652.

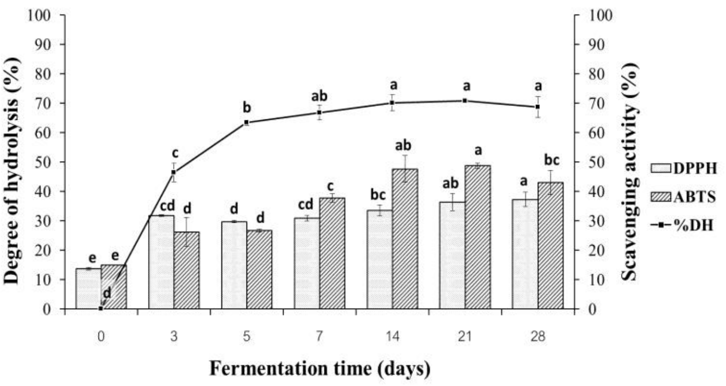


Figure 1 Degree of hydrolysis, DPPH$^{\bullet}$ and ABTS$^{\bullet+}$ scavenging activity of brown rice hydrolyzed by *L. lactis* as influenced by fermentation time

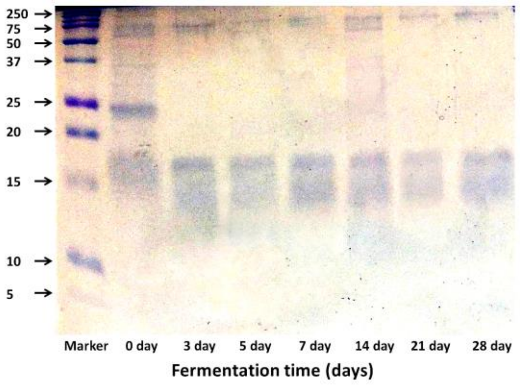


Figure 2 Molecular size of brown rice protein hydrolysates produced by *L. lactis*

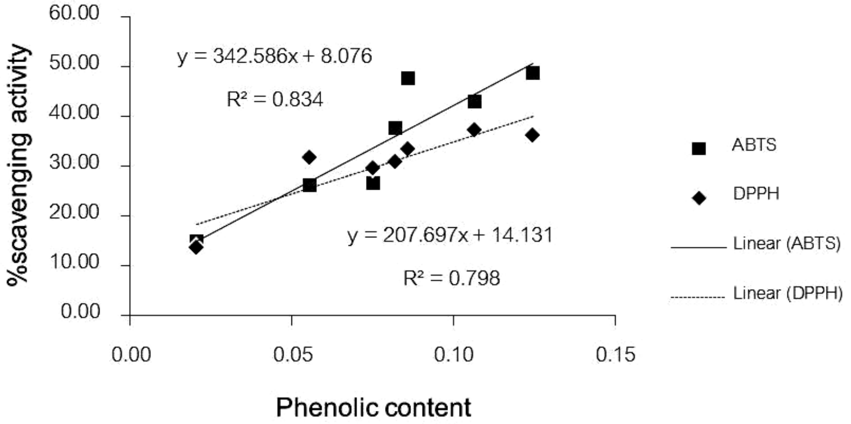


Figure 3 Correlation between the contents of total phenols of brown hydrolysate and their antioxidant activity

ผลของอัตราการใส่ปุ๋ยยูเรียต่อการเจริญเติบโตของอ้อยพันธุ์ K88-92

Effect of Application Rates of Urea Fertilizer on Growth of Sugarcane var 'K88-92'

อรรจนา ด้วงแพง[1] จักรกฤษณ์ ศรีเคน[1] และ ศิรินทร์ จันทะโพธิ์[1]

Duangpaeng, A.[1], Sriken, J.[1] and Chathapho, S.[1]

Abstract

To increase productivity of sugarcane in Udon Thani province effective nutrient management for a specific area is required. This study was conducted to analyze properties of the soil in Nong Saeng District, Udon Thani, used as experimental plot and to study the effect of urea fertilizer rates on growth of sugarcane var 'K88-92'. The experimental design was Randomized Complete Block Design (RCBD) with treatments of no fertilizer and applying urea fertilizer rates of 25, 50 or 75 kg per rai for sugarcane at 45 days after planting. The numbers of shoots per plant were measured after fertilizing weekly for 4 weeks or during tillering stage. Plant height, leaf length, stem diameter, shoot weight, soluble solids content, total nitrogen in growing soil and in leaves of sugarcane were measured at 300 days after fertilization. Sugarcane had the highest shoot number at tillering stage after fertilizing urea fertilizer at the rate of 75 kg per rai. At 300 days after fertilizing urea at 50 or 75 kg per rai growth of sugarcane was not different significantly. Sugarcanes that were applied urea at 50 or 75 kg per performed plant better, number of internode, leave length, stem diameter, stem weight, soluble solid content higher than those were fertilized urea at the rate of 25 kg per rai or no fertilizer significantly. Total nitrogen in growing soil and the leaves of sugarcane in all treatments did not differ statistically.

Keywords: urea fertilizer, sugarcane, growth, tillering

บทคัดย่อ

การเพิ่มผลผลิตอ้อยของเกษตรกรในเขตจังหวัดอุดรธานีจำเป็นต้องมีการจัดการธาตุอาหารที่มีประสิทธิภาพ และมีความเฉพาะเจาะจงสำหรับพื้นที่ การวิจัยครั้งนี้จึงดำเนินการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดินในแปลงไร่อ้อยในเขตเทศบาลตำบลแสงสว่าง อำเภอหนองแสง จังหวัดอุดรธานี ซึ่งใช้เป็นแปลงทดลอง และศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยยูเรียในอัตราที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของอ้อยพันธุ์ K88-92 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) มีตำรับการทดลองคือ การไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 25 50 และ 75 กก.ต่อไร่ ให้กับอ้อยที่อายุ 45 วันหลังจากปลูก วัดจำนวนต้นต่อกอของอ้อยในระยะแตกกอหรือหลังจากใส่ปุ๋ยทุกสัปดาห์ นาน 4 สัปดาห์ วัดความสูง จำนวนปล้อง ความยาวใบ ขนาดลำต้น น้ำหนักลำต้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณไนโตรเจนในใบอ้อยและในดินเมื่ออ้อยมีอายุ 300 วันหลังจากให้ปุ๋ย พบว่าดินในไร่อ้อยในเขตเทศบาลตำบลหนองแสง เป็นดินร่วนปนทราย มีความอุดมสมบรูณ์ต่ำ มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ การใส่ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 75 กก.ต่อไร่ ทำให้อ้อยในระยะแตกกอมีจำนวนต้นต่อกอสูงสุด แต่หลังจากใส่ปุ๋ยไปแล้ว 300 วัน อ้อยที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 50 หรือ 75 กก.ต่อไร่ มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีความสูง จำนวนปล้อง ความยาวใบ ขนาดลำต้น น้ำหนักลำต้น และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มากกว่าอ้อยที่ได้รับการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กก.ต่อไร่ หรือไม่ได้ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบอ้อยและดินทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: ปุ๋ยยูเรีย อ้อย การเจริญเติบโต การแตกกอ

คำนำ

อ้อย เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการส่งออกเป็นลำดับต้นๆ ของประเทศ โดยส่งออกในรูปของน้ำตาล จึงได้มีการศึกษาและหาแนวทางในการเพิ่มผลผลิตให้กับอ้อย จึงได้ศึกษาหาวิธีการเพิ่มการแตกกอของอ้อยเพื่อเพิ่มผลผลิต ทั้งทางด้านการซื้อปุ๋ย

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

[1] Plant Production Technology, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, 64 Tahan Road, Muang District, Udon Thani 41000

และด้านของการใช้แรงงาน เพื่อให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและเพื่อเป็นการต่อยอดทำให้เกษตรกรผู้ที่ปลูกอ้อยมีรายได้สูงขึ้น จึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับดินที่ใช้ปลูก ว่ามีความอุดมสมบูรณ์ที่เหมาะสมแก่การปลูกอ้อยหรือไม่ รวมไปถึงการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการให้ปุ๋ยแก่อ้อยเพื่อช่วยให้เกิดการแตกก่อเพิ่มขึ้น และเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกร และยังเป็นประโยชน์ในการให้ปุ๋ยแก่อ้อยต่อครั้งเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและไม่เป็นการสิ้นเปลืองแก่เกษตรกรผู้ที่ปลูกอ้อยเป็นอาชีพ

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างดินก่อนทำการทดลอง โดยแต่ละแปลงเก็บ 3 จุด หัวแปลง กลางแปลง และท้ายแปลง ที่ระดับความลึก 30 ซม. โดยใช้เสียมแทงในแนวตั้ง เก็บดินรวมกันให้ได้ แปลงละ 1 กก. แล้วทุกแปลงมาผสมกัน ตากให้แห้ง ทุบให้ละเอียด ร่อนด้วยตะแกรง เก็บใส่ถุงพลาสติก เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ใช้วิธีการ Saturation extract (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (OM) ใช้วิธีการ Walkley และ Black, (1947) ปริมาณไนโตรเจน (Total N) ใช้วิธีการ Kjeldahl method ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus; avail. P) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available Potassium; avail. K) ใช้วิธีของ Bray (1975) เตรียมท่อนพันธุ์ โดยใช้อ้อยพันธุ์ K88-92 ยกร่องปลูกใช้ความห่างร่อง 1 เมตร ไถเปิดร่อง ระยะห่าง 90 ซม. ยาว 3 เมตร ลึก 50 ซม. นำเอาท่อนพันธุ์ที่ได้เตรียมไว้นั่นลงปลูก วางนอนไปตามร่อง โดยในแต่ละ Block จะใช้ตาปลูก 100 ตาปลูก หรือ ประมาณ 33 ท่อนพันธุ์ แต่ล่ะท่อนพันธุ์มี 3 ตาปลูก จากนั้นไถกลบ รออ้อยให้งอกและเจริญเติบโต เป็นระยะเวลา 45 วัน แล้วใส่ปุ๋ยตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) มีตำรับการทดลองคือ การไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 25 50 และ 75 กก.ต่อไร่ เก็บข้อมูลจากต้นอ้อยเฉพาะแถวกลางของแต่หน่วยการทดลอง และวัดลักษณะการเจริญเติบโตดังนี้ จำนวนต้นต่อกอ นาน 4 สัปดาห์ หลังใส่ปุ๋ย 300 วัน วัดความสูงของต้น จำนวนปล้อง ความยาวใบ ขนาดของลำต้น น้ำหนักลำของอ้อย โดยการสุ่มตัดลำอ้อดยกอละ 3 ลำ วัด pH ของดินหลังปลูก ปริมาณไนโตรเจนในใบอ้อยและในดิน

ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน พบว่า ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 4.81 - 5.14 มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) 49.13 - 67 $\mu S\ m^{-1}$ มีอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 1.01 – 1.32 % ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชซึ่งอยู่ระดับที่ต่ำที่ 0.83 – 0.88 ppm โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 23.67 – 32.67 ppm (Table 1) ผลการวิจัยพบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 กับ 2 หลังใส่ปุ๋ยตามตำรับการทดลองต้นอ้อยในทุกตำรับการทดลองมีจำนวนต้นต่อกอไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ต้นอ้อยที่ได้รับปุ๋ยที่ระดับ 75 กก.ต่อไร่ มีจำนวนต้นต่อกอสูงกว่าอ้อยที่ไม่ได้รับปุ๋ย, และรับปุ๋ยในระดับ 0.25 และ 50 กก.ต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ โดยมีจำนวนต้นเป็น 1.48 1.27 1.34 และ 1.31 ต้นต่อกอ ตามลำดับ (Table 2) ต้นอ้อยที่ได้รับปุ๋ยในอัตรา 75 หรือ 50 กก.ต่อไร่มีความสูงมากกว่าต้นอ้อยที่ไม่ได้รับปุ๋ยหรือได้รับปุ๋ยในอัตรา 25 กก.ต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นอ้อยที่ได้รับปุ๋ยในระดับ 75 กก.ต่อไร่ มีความสูงมากที่สุดรองลงมาคือที่ระดับ 50 25 กก. ต่อไร่ และไม่ได้รับปุ๋ยโดยมีความสูงเป็น 274.25 269.63 259.44 และ 252.90 ซม.ตามลำดับ นอกจากนี้ต้นอ้อยที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 75 หรือ 50 กก.ต่อไร่ มีจำนวนปล้องมากกว่าต้นอ้อยที่ไม่ได้รับปุ๋ยหรือได้รับปุ๋ยในอัตรา 25 กก.ต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีจำนวนปล้องเป็น 13.17 13.74 12.02 และ 11.54 ปล้อง ตามลำดับ ต้นอ้อยที่ได้รับปุ๋ยในอัตรา 75 หรือ 50 กก.ต่อไร่ มีใบยาวกว่าต้นอ้อยที่ไม่ได้รับปุ๋ยหรือได้รับปุ๋ยในอัตรา 25 กก.ต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความยาวเป็น 71.51 68.13 59.26 และ 58.79 ซม.ตามลำดับ ต้นอ้อยที่ได้รับปุ๋ยในอัตรา 75 หรือ 50 กก.ต่อไร่ มีขนาดของลำต้นมากกว่าต้นอ้อยที่ไม่ได้รับปุ๋ยหรือได้รับปุ๋ยในอัตรา 25 กก.ต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีขนาดของลำต้นเป็น 2.91 2.73 2.46 และ 2.30 ซม.ตามลำดับ ต้นอ้อยที่ได้รับปุ๋ยในอัตรา 75 หรือ 50 กก.ต่อไร่ มีน้ำหนักของลำต้นสูงมากกว่าต้นอ้อยที่ไม่ได้รับปุ๋ย หรือ ได้รับปุ๋ยในอัตรา 25 กก.ต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีน้ำหนักของลำต้นเป็น 1.65 1.50 1.16 และ 1.10 กก.ตามลำดับ (Table 3) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบอ้อยและดินทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 4)

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัยพบว่าดินในพื้นที่ปลูกอ้อยของอำเภอหนองแสง เป็นดินร่วนปนทราย มีความอุดมสมบรูณ์ต่ำ มีอินทรียวัตถุต่ำ อยู่ระหว่าง 1.01 – 1.32 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพียง 0.83 – 0.88 ppm และโพแทสเซียมที่

แลกเปลี่ยนได้เพียง 23.67 – 32.67 ppm ควรมีการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุและใส่ปุ๋ยเพื่อปริมาณธาตุอาหารพืช ให้สอดคล้องกับคำแนะนำในการปลูกอ้อยของศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรสุพรรณบุรี (มปป.) ที่แนะนำว่าดินที่ปลูกอ้อยควรมีความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง มีอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 1.5 % มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่า10 ppm โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า 80 ppm การใส่ปุ๋ยยูเรียเพิ่มขึ้น มีผลให้อ้อยมีการแตกกอเพิ่มขึ้น และทำให้อ้อยมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตามปริมาณปุ๋ยยูเรียที่เพิ่มขึ้น โดยอัตราปุ๋ยยูเรียที่เหมาะสมคือ 50 กก. ต่อไร่ เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ จักรินทร์ และคณะ (2535) ที่ทดสอบทดสอบปุ๋ยไนโตรเจนในอ้อย 3 พันธุ์ (อู่ทอง 1 อู่ทอง 2 และ 80-1-128) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0 12 24 และ 36 กก.N/ไร่(กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) ไม่ทำให้ผลผลิตอ้อย ซีซีเอส จำนวนลำ และน้ำหนักลำ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่ทำให้ผลผลิตอ้อยสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

จักรินทร์ ศรัทธาพร ปรีชา พราหมณีย์ สุรวิทย์ สุริยพันธุ์ และ ประสงค์ สิทธิไทย, 2535, ศึกษาผลตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยพันธุ์ 81-1-026 และ 80-1-128, น. 305- 313 ในรายงานผลงานวิจัยประจำปี 2535 อ้อย ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี, สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรสุพรรณบุรี, มปป, เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับอ้อย [สืบค้น], http://sfcrc.suphanburi.info/sugarcane_GAP.htm [14/ August/ 12].

Bray, R. C., 1975, Molybdenum iron-Sulfur Flavin Hydroxylases and Related Enzymes, in The Enzymes (Boyer, P. D., ed.) 3rd edn, Academic Press, New York,12: 299-419.

U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, U.S. Department Agriculture Handbook, 60: 160.

Walkley, A. and Black, I. A., 1947, Chromic Acid Titration Method for Determination of Soil Organic Matter, Proceedings - Soil Science Society of America, 63: 257.

Table 1 Soil properties in experimental plots before fertilizing urea

Treatment	Soil properties					
	pH	EC (μS m^{-1})	OM (%)	Total N (%)	Available P (ppm)	Exchangeable K (ppm)
Non fertilizing (control)	4.81	67.80	1.16	0.04	0.84	27.33
25 kg./rai urea fertilizing	5.14	49.13	1.01	0.04	0.83	31.67
50 kg./rai urea fertilizing	5.14	61.43	1.32	0.03	0.87	23.67
75 kg./rai urea fertilizing	4.93	54.97	1.10	0.03	0.88	32.67

Table 2 Sugarcane tillering after fertilizing urea

Treatment	Number of tillers/plant			
	1st WAF[1/]	2nd WAF	3rd WAF	4th WAF
Non fertilizing (control)	1.16	1.23	1.27[b2/]	1.29[b]
25 kg./rai urea fertilizing	1.12	1.28	1.34[b]	1.36[b]
50 kg./rai urea fertilizing	1.10	1.27	1.31[b]	1.38[b]
75 kg./rai urea fertilizing	1.17	1.37	1.48[a]	1.58[a]
F-test	Ns	ns	*	*
CV (%)	3.92	5.48	5.23	4.51

[1/]Week after fertilizing

[2/]Mean within the same column followed by the same letter are not significantly difference by DMRT at P=0.05

ns = No significant difference * = Significant difference at $P \leq 0.05$

Table 3 Growth of sugarcane at 300 days after fertilizing urea

Treatment	Plant height (cm.)	Number of internode	Leaf length (cm.)	Stem diameter (cm.)	Weight per stem (kg)
Non fertilizing (control)	252.90[b1/]	11.54[c]	58.79[b]	2.30[b]	1.10[b]
25 kg./rai urea fertilizing	259.44[c]	12.02b[c]	59.26[b]	2.46[b]	1.16[b]
50 kg./rai urea fertilizing	269.63[a]	13.74[a]	68.13[a]	2.73[a]	1.50[a]
75 kg./rai urea fertilizing	274.25[a]	13.17[ab]	71.51[a]	2.91[a]	1.65[a]
F-test	*	*	*	*	*
CV (%)	0.59	3.67	4.53	2.68	10.90

[1/]Mean within the same column followed by the same letter are not significantly difference by DMRT at P=0.05

* = Significant difference at $P \leq 0.05$

Table 4 Soil pH and total N in leaf and soil in treatment plots

Treatment	Soil pH	Total N in leaf tissue (%)	Total N in soil (%)
Non fertilizing (control)	4.92	0.30	0.33
25 kg./rai urea fertilizing	5.36	0.35	0.16
50 kg./rai urea fertilizing	5.50	0.35	0.10
75 kg./rai urea fertilizing	5.00	0.27	0.11
F-test	ns	ns	ns
CV (%)	7.32	38.27	10.00

ns = No significant difference

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 153-156 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 153-156 (2556)

แนวทางการขยายผลการทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรหมู่บ้านโพธิ์ทองเจริญ ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

Approaches toward Scaling up Organic Farming of Farmers at Po Thong Charoen Village, Cherng Doi Sub-district, Doi Saket District, Chiang Mai Province

ธิดารัตน์ ไชยมงคล[1] และ บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล[1]

Chaimongkol, T.[1] and Limnirankul, B.[1]

Abstract

This research aims to understand the organic farming and approaches to scaling up organic farming of farmers in Po Thong Charoen. Quanlitative methods was apply in the research with various tools such as focus group discussion and semi-structured interview of 25 organic farmers. Descriptive statistical analysis was apply. The study found that farmers practice small area of organic, less than one rai with diverse of vegetable cropping. Farmers whose continue organic farming have market for their product. Seeking market were done by themselves, group and supported by local organization at Tambol. It was observed that the slowly growth in growing of organic farming where there is still a high demand of consumer. The scaling out process of organic farming was mainly support by government agencies with material and financial support. The learning center and communal land have been supported for farmers whose interesting in practice organic farming. Moreover, the group leader is a soil doctor and knowledgeable about organic farming. There was a lot of knowledge dissemination and learning among farmer in reduced the amount of use in chemical fertilizer once they become a group member. The production management has introduced to the new member as well as contributed to current member in the new technique. However, it was found that success of organic farming depended on market as well as group organization and group management practices. Old age farmer has been observed in practice organic farming.

Keywords: organic farming, learning, knowledge dissemination, scaling up

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการขยายผลการทำเกษตรอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรในหมู่บ้านโพธิ์ทองเจริญ เป็นงานวิจัยที่ใช้การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ศึกษาข้อมูลจากกลุ่มเกษตรอินทรีย์จำนวน 25 ราย โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา จากการศึกษาพบว่ากลุ่มเกษตรกรมีพื้นที่การทำเกษตรอินทรีย์ขนาดเล็กไม่เกิน 1 ไร่ ภายในพื้นที่มีการปลูกผักหลากหลายชนิดรวมกัน ผลผลิตของกลุ่มเกษตรกรมีตลาดรองรับที่แน่นอน การหาตลาดรองรับผลผลิตถูกดำเนินการด้วยตัวเกษตรกรเอง รวมถึงเกษตรกรรวมกลุ่มกัน และยังมีการสนับสนุนจากองค์กรภายในท้องถิ่น พบว่าการขยายตัวของกลุ่มเกษตรอินทรีย์ไปได้ช้า ทั้งที่ยังมีความต้องการของผู้บริโภค ส่วนการขยายผลการทำเกษตรอินทรีย์นั้นกลุ่มเกษตรกรมีหน่วยงานของภาครัฐคอยให้การช่วยเหลือทั้งในด้านเงินทุนและปัจจัยการผลิตเบื้องต้น มีการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้และแปลงสาธิตสำหรับผู้ที่สนใจเข้ามาศึกษาการทำเกษตรอินทรีย์ โดยการให้ความรู้จากผู้นำกลุ่มซึ่งเป็นหมอดินและมีความรู้ด้านการผลิตผักเกษตรอินทรีย์ รวมไปถึงการเผยแพร่ความรู้แก่เกษตรกรรายอื่นในชุมชนเพื่อลดการใช้ปริมาณปุ๋ยเคมี พร้อมทั้งให้ความรู้ในด้านกระบวนการจัดการผลิตผักอินทรีย์ และแนะนำเทคนิคการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์แก่ผู้ที่สนใจ อย่างไรก็ตามพบว่าความสำเร็จของการขยายผลของกลุ่มเกษตรอินทรีย์บ้านโพธิ์ทองเจริญนั้นขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการการผลิต การบริหารจัดการกลุ่มและการบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ ซึ่งกลุ่มเกษตรกรเองต้องมีการพัฒนาและเรียนรู้ด้วยตนเองอยู่เสมอ

คำสำคัญ: เกษตรอินทรีย์ การเรียนรู้ การเผยแพร่ความรู้ การขยายผล

---

[1] **ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและส่งเสริมเผยแพร่การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200**

[1] Department of Agricultural Economics and Agricultural Extension, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

คำนำ

การทำเกษตรของประเทศไทยในอดีตนั้น มุ่งเน้นเพื่อให้เกิดสิ่งจำเป็นขั้นพื้นฐานในการดำรงชีพมากกว่าจะมุ่งผลิตเพื่อการค้า ระบบการทำเกษตรในอดีตเป็นระบบที่ผลิตเพื่อให้เพียงพอกับการบริโภคเป็นหลัก เกษตรกรสามารถดำรงชีพอยู่ได้โดยไม่ต้องพึ่งพาระบบการผลิตจากภายนอก จนกระทั่งเกิดกระแสการปฏิวัติเขียวขึ้นทั่วโลกในปี พ.ศ. 2503 ซึ่งกลายเป็นนโยบายและแนวทางหลักของการพัฒนาประเทศที่เน้นการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร มุ่งหวังเพิ่มรายได้ประชาชาติส่วนรวมและรายได้ของเกษตรกรเป็นหลัก สนับสนุนให้ขยายพื้นที่และปัจจัยการผลิตจากภายนอกเพื่อสนับสนุนการผลิต เช่น ปุ๋ยเคมีและ สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในขณะที่ผลจากการพัฒนาเศรษฐกิจนั้นได้ส่งผลต่อวิถีชีวิตและระบบการทำเกษตรที่เปลี่ยนแปลงไป (ชนวน, 2538)

อย่างไรก็ตามกระแสความนิยมของผู้บริโภคเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหารได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากตระหนักถึงสุขภาพ พิษภัยจากสารเคมี และปัญหาความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศ ส่งผลให้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 ได้มีการปรับเปลี่ยนแนวทางการพัฒนาภาคการเกษตรให้เข้าสู่ภาวะที่ยั่งยืนมากขึ้น ซึ่งเกษตรยั่งยืนและเกษตรอินทรีย์ได้รับการกล่าวถึงว่าเป็นแนวทางการพัฒนาภาคการเกษตรที่สอดคล้องกับประเทศไทยเพราะหลักการพัฒนาเกษตรยั่งยืนให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์ฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปกับการยกระดับความเป็นอยู่ทางเศรษฐกิจของเกษตรกร ในขณะที่เกษตรอินทรีย์ก็มีเป้าหมายเพื่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม ด้วยการปฏิเสธการใช้สารเคมีสังเคราะห์ เน้นการฟื้นฟูสมดุลระบบนิเวศการเกษตร และยังสามารถเพิ่มผลผลิตได้ยั่งยืนกว่าการเพาะปลูกด้วยระบบเกษตรเคมีอีกด้วย (วิฑูรย์, 2545)

จากประสบการณ์ส่วนตัวของนายเจริญ ยกคำจู เกษตรกรที่เคยทำการเกษตรแบบเคมีซึ่งประสบกับปัญหาความไม่คุ้มค่าในการลงทุนและพิษร้ายจากสารเคมีที่ใช้เป็นอันตรายต่อสุขภาพ จนกระทั่งมีโอกาสได้เข้ารับการอบรมและศึกษาดูงานตามโครงการของหน่วยงานราชการ โดยเฉพาะโครงการหมอดินอาสา ทำให้ได้รับความรู้และและประสบการณ์ใหม่ๆ ซึ่งเขาได้นำความรู้ที่ได้รับมาทดลองปฏิบัติเป็นเวลาหลายปีจนเกิดผลอย่างเป็นรูปธรรม จึงชักชวนเพื่อนบ้านที่สนใจมาทำเกษตรแบบอินทรีย์ โดยจัดตั้งกลุ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2549 จนถึงปัจจุบัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการขยายผลการทำเกษตรอินทรีย์ไปสู่เกษตรกรรายอื่นและผู้ที่สนใจในการทำเกษตรอินทรีย์

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาเน้นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) โดยการประชุมกลุ่มแกนนำกับหัวหน้ากลุ่ม ผู้นำชุมชน ผู้อาวุโส หน่วยงานราชการ และผู้นำอย่างไม่เป็นทางการในชุมชน ทำการสัมภาษณ์สมาชิกกลุ่มเกษตรอินทรีย์ในชุมชนบ้านโพธิ์ทองเจริญจำนวน 25 ราย โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured interview) และการเก็บข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา โดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าร้อยละ และการสังเคราะห์จัดกลุ่มเนื้อหาตามวิถีการของการวิจัยเชิงคุณภาพ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษากลุ่มเกษตรกรจำนวน 25 ราย ผลของการศึกษาดังกล่าวทำให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการทำเกษตรอินทรีย์ของกลุ่มเกษตรกรบ้านโพธิ์ทองเจริญ ดังนี้

ด้านต้นทุนการผลิต

1. ค่าวัสดุที่ใช้ในการปลูก ได้แก่ ค่าปุ๋ยอินทรีย์และค่าสมุนไพรกำจัดแมลง ถูกกว่าแบบเคมี เนื่องจากเกษตรกรบางรายผลิตปุ๋ยอินทรีย์ไว้ใช้เอง บางรายซื้อจากหัวหน้ากลุ่มซึ่งขายในราคาถูกคือ กระสอบละ 80 บาท มีปริมาณ 20 กิโลกรัม เฉลี่ยราคากิโลกรัมละ 4 บาท ส่วนปุ๋ยเคมีปัจจุบันมีราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละประมาณ 20 บาท เมื่อเปรียบเทียบแล้วจะพบว่าปุ๋ยอินทรีย์นั้นมีต้นทุนถูกกว่าปุ๋ยเคมีถึง 16 บาทต่อกิโลกรัม

2. ค่าแรงงาน ได้แก่ ค่าการจัดการ ค่าดูแลรักษาและค่าเก็บเกี่ยวนั้น การทำเกษตรอินทรีย์จะมีต้นทุนสูงกว่าแบบเคมี เนื่องจากการทำเกษตรแบบอินทรีย์จะมีการจัดการในการผลิตที่ยุ่งยากกว่าแบบเคมี เช่น เมื่อมีวัชพืชขึ้นบนแปลงปลูก เกษตรกรไม่สามารถใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ เกษตรกรต้องดายหญ้าออกจากแปลง ทำให้เสียเวลาในการจัดการมากกว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชพ่น

ด้านรายรับ

รายรับในครัวเรือนเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการขยายตลาดเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน เช่น บิ๊กซีซุปเปอร์เซนเตอร์ ริมปิงซุปเปอร์มาร์เกต เข้ามารับซื้อผลผลิต ซึ่งราคาผลผลิตที่ขายได้จะมีราคาสูงกว่าผักแบบเคมีทั่วไปตามท้องตลาดถึง 40 เปอร์เซ็นต์ และรายได้เฉลี่ย 150 บาทต่อคนต่อวัน และรวมรายได้เฉลี่ย 4,500 บาทต่อเดือน อย่างไรก็ตามยังพบว่าปริมาณของพืชผักอินทรีย์

จากสมาชิก 25 รายไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เนื่องจากเกษตรกรบางรายไม่สามารถผลิตผักบางชนิดให้ตรงกับความต้องการของตลาด และมีเกษตรกรบางรายสนใจผลิตผักเพื่อใช้ในครัวเรือนเท่านั้น

ด้านรายจ่าย

ค่าใช้จ่ายในครัวเรือนของเกษตรกรนั้นมีแนวโน้มลดลงเนื่องจาก

1. ในกรณีที่เกษตรกรเคยทำเกษตรแบบเคมีมาก่อน เมื่อหันมาปลูกผักแบบอินทรีย์ทำให้ค่าใช้จ่ายในด้านการซื้อปุ๋ยเคมีและยากำจัดศัตรูพืชลดลง แล้วหันมาใช้วัสดุธรรมชาติที่มีอยู่ภายในชุมชนนำมาทำปุ๋ยอินทรีย์ สารสกัดสะเดาและน้ำหมักชีวภาพไว้ใช้แทนสารเคมีเหล่านี้ ค่าใช้จ่ายของเกษตรกรจึงลดลง 810 บาทต่อฤดูกาลต่อไร่

2. เกษตรกรสามารถนำผักที่ปลูกบนแปลงของตนเองมาประกอบอาหารทำให้ไม่ต้องซื้อผักตามท้องตลาด สิ่งที่เกษตรกรต้องซื้อในบางครั้งคือ พวกเนื้อสัตว์ เครื่องปรุงรสอาหาร รวมถึงของใช้ภายในบ้าน ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ประมาณวันละ 30 บาท รวมแล้วประมาณ 900 บาทต่อเดือน

3. เกษตรกรมีสุขภาพที่ดีขึ้นเพราะเกษตรกรไม่มีการใช้สารเคมีจำพวกยาฆ่าหญ้าหรือสารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งเมื่อเกษตรกรใช้และสัมผัสอยู่เป็นประจำสารเคมีเหล่านี้จะถูกสะสมไว้ในร่างกาย ทำให้เกษตรกรเจ็บป่วยหรือเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง เมื่อเกษตรกรสุขภาพดีขึ้นทำให้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อยาหรือไปพบแพทย์เพื่อรักษา ซึ่งเมื่อประมาณค่าใช้จ่ายที่ต้องไปพบแพทย์หรือโรงพยาบาลจะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 150 บาทต่อครั้ง

ด้านศักยภาพในการผลิตผักอินทรีย์

การผลิต

เกษตรกรผลิตผักได้เพียงพอสำหรับบริโภคในครัวเรือนและจำหน่าย ในบางครั้งเกษตรกรผลิตผักได้ไม่เพียงพอตามความต้องการของผู้มารับซื้อ เพราะเกษตรกรมีการวางแผนการปลูกไม่ดีเท่าที่ควร ต่างคนต่างเลือกชนิดพืชปลูกเอง ปริมาณผลผลิตที่ได้จึงมีน้อย หรือปริมาณผลผลิตมีมากแต่ซ้ำชนิดกัน ซึ่งประเด็นดังกล่าวเกษตรกรบางรายที่มีความมุ่งมั่นที่จะผลิตเพื่อการจำหน่ายสามารถจัดแผนการผลิตได้ แต่ในรายที่มีการผลิตเพื่อบริโภคนั้นส่วนใหญ่ยังไม่สามารถปรับการผลิตเพื่อการจัดส่งตามตลาดในรูปแบบของกลุ่มได้แม้ว่าจะมีความต้องการของตลาดมากก็ตาม เกษตรกรกลุ่มที่ผลิตเพื่อบริโภคส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุและการเปลี่ยนระบบการผลิตมาเป็นแบบอินทรีย์เพื่อต้องการบริโภคพืชผักปลอดภัย ส่วนที่ผลิตเพื่อการตลาดจะเป็นลักษณะรายเดี่ยวที่มีตลาดเป็นของตัวเองโดยเฉพาะ ฉะนั้นแม้จะมีการรวมกลุ่มของเกษตรกรแต่การดำเนินการผลิตยังเป็นลักษณะพึ่งพาตัวเองในการผลิต และการรวมกลุ่มเพียงเพื่อต้องการแลกเปลี่ยนความรู้ในการผลิตจากกลุ่มเท่านั้น

การตลาด

แม้ว่าเกษตรกรมีตลาดที่แน่นอน เช่น จำหน่ายผลผลิตภายในหมู่บ้าน ตลาดนัดใกล้เคียง โรงพยาบาลหรือมีผู้เข้ามารับซื้อถึงแปลงของเกษตรกร แต่กลุ่มเกษตรกรก็ยังพอใจที่จะขายตามตลาดเดิมไม่มีการหาช่องทางการจำหน่ายอื่นเข้ามาเสริม ซึ่งพบว่าความต้องการจากตลาดใหม่ เช่น บิ๊กซี และริมปิง ที่เพิ่งเข้ามารับซื้อมีความต้องการสูง แต่เนื่องจากระบบการผลิตที่มีปริมาณผลผลิตที่น้อยและการวางแผนการผลิตในรูปแบบกลุ่มยังมีข้อจำกัด ทำให้การพัฒนาด้านการตลาดเป็นไปได้ยาก

ข้อได้เปรียบของกลุ่มเกษตรอินทรีย์

1. มีตลาดหลักรองรับผลผลิตผักที่แน่นอนจากหน่วยงานเอกชนเข้ามารับซื้อทุกๆ 3 วัน เช่น บิ๊กซี และริมปิง มีตลาดรองคือ การขายผลผลิตตามหมู่บ้าน ตลาดนัด และโรงพยาบาลทำให้เกษตรกรมีรายได้สม่ำเสมอเกือบทุกวัน

2. มีหน่วยงานของทางราชการ เช่น กรมวิชาการเกษตร และกรมส่งเสริมการเกษตร คอยช่วยให้ความรู้ด้านการผลิตเกษตรอินทรีย์ นอกจากนี้ยังคอยช่วยเหลือเงินทุนและปัจจัยด้านการผลิตเบื้องต้นเช่น เมล็ดพันธุ์ผัก กากน้ำตาล และหัวเชื้อ พด. สำหรับหมักปุ๋ย เป็นต้น

3. เกษตรกรสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ไว้ใช้เองภายในกลุ่มทำให้ลดต้นทุนการผลิต อีกทั้งยังมีกลุ่มเกษตรกรผู้ที่สนใจรายอื่นสั่งซื้อปุ๋ยอินทรีย์ไปใช้ปริมาณมาก โดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกไม้ดอกไม้ประดับในพื้นที่ใกล้เคียง ทำให้เกษตรกรในกลุ่มมีรายได้ในส่วนนี้นอกจากการปลูกผักอินทรีย์เพื่อจำหน่าย

ปัญหาและข้อจำกัดที่พบในกลุ่มเกษตรอินทรีย์

1. กลุ่มเกษตรกรไม่มีการวางแผนการกระจายการผลิตผักชนิดต่างๆให้สมาชิกอย่างทั่วถึง สมาชิกจึงปลูกเองโดยไม่ได้ปรึกษากันในกลุ่ม ทำให้บางครั้งผลผลิตผักแต่ละชนิดไม่เพียงพอต่อการเข้ามารับไปจำหน่ายของกลุ่มผู้ค้าเอกชน

2. การบริหารและการจัดการภายในกลุ่มพึ่งพิงความสามารถของนายเจริญ ยกคำจูซึ่งเป็นหัวหน้ากลุ่มแต่เพียงผู้เดียว สมาชิกกลุ่มยังไม่กล้าตัดสินใจเอง แก้ปัญหาด้วยตนเอง ในอนาคตถ้านายเจริญ ยกคำจู ซึ่งเป็นหัวหน้ากลุ่มไม่สามารถเข้ามาร่วมดำเนินงานแล้วก็จะไม่มีผู้นำคอยสานต่อและดำเนินกิจกรรมภายในกลุ่ม

3. สมาชิกภายในกลุ่มขาดความกระตือรือร้นที่จะพัฒนาทักษะ ความรู้ความสามารถด้านการผลิตและการตลาดอย่างเป็นระบบ เกษตรกรยังมีการใช้เทคโนโลยีการผลิตแบบเดิม ไม่มีการหาความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาเสริม

แนวโน้มของกลุ่มเกษตรอินทรีย์ในอนาคต

สมาชิกกลุ่มผลิตผักอินทรีย์มีความคิดเห็นที่ตรงกันว่าในอนาคตการรวมกลุ่มผลิตผักอินทรีย์จะยังคงมีอยู่และดำเนินต่อไป เนื่องจากแนวโน้มจำนวนสมาชิกภายในกลุ่มของหมู่บ้านจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับพฤกษ์และคณะ (2543) กล่าวว่า การผลิตผักจำเป็นต้องดำเนินการเป็นกลุ่มเพื่อลดความเสี่ยงและสร้างความมั่นคงให้กลุ่มเกษตรกร นอกจากนี้ยังมีประชาชนรายอื่นๆในหมู่บ้านให้ความสนใจในการทำเกษตรอินทรีย์ โดยเริ่มต้นจากการทำแปลงผักแปลงเล็กๆไว้หลังบ้านเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน ปัจจุบันเริ่มมีการจัดการประชุมระหว่างกลุ่มเกษตรกรและกลุ่มเกษตรกรกับเอกชนผู้รับซื้อเพื่อหาแนวทางการผลิตร่วมกัน เพื่อลดปัญหาผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดและการวางแผนการผลิตที่ไม่เป็นระบบ นอกจากนี้ในกลุ่มยังมีการอบรมสมาชิกเพื่อที่จะได้นำความรู้ด้านการผลิตผักอินทรีย์ไปเผยแพร่สู่กลุ่มผู้สนใจอื่นๆ

แนวทางการขยายผลของกลุ่มเกษตรอินทรีย์
ในระดับหมู่บ้าน ชุมชนใกล้เคียงหรือผู้ที่สนใจ

1. กลุ่มเกษตรอินทรีย์มีความพร้อมที่จะถ่ายทอดและให้ความรู้แก่เกษตรกรรายอื่นๆและผู้ที่สนใจทั้งแบบรายเดี่ยวและกลุ่ม มีการบรรยายให้ความรู้โดยหัวหน้ากลุ่มและสมาชิก มีการสาธิตการทำปุ๋ย มีแปลงที่สมาชิกภายในกลุ่มทำให้เดินชมเพื่อให้ผู้ที่มาศึกษาดูงานสามารถนำความรู้ที่ได้ไปปฏิบัติได้จริง

2. มีตัวแทนจากหมู่บ้านอื่นๆหรือผู้ที่สนใจได้เข้ามาศึกษาการผลิตผักอินทรีย์และการทำปุ๋ยของกลุ่มเพื่อนำไปปฏิบัติเองและถ่ายทอดให้ความรู้แก่เกษตรกรรายอื่นๆ ต่อไป

สรุปผล

การทำเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรรายย่อยหมู่บ้านโพธิ์ทองเจริญนั้นมีปัจจัยหลายอย่างที่เอื้อต่อโอกาสการพัฒนาของกลุ่มต่อไป ในด้านต้นทุนการผลิตนั้นเกษตรกรมีการลดต้นทุนการผลิตโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และสมุนไพรกำจัดแมลงที่ทำขึ้นเองภายในกลุ่ม แล้วยังสามารถจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้เสริมอีกทางหนึ่ง การดำเนินการปลูกและเก็บเกี่ยวทุกขั้นตอนเกษตรกรได้ลงมือปฏิบัติด้วยตัวเอง รวมทั้งเกษตรกรยังมีการปลูกพืชผักไว้กินเองภายในครัวเรือน ซึ่งจากกิจกรรมเหล่านี้ช่วยลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกรลงได้ รายรับของเกษตรกรเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีระบบตลาดที่แน่นอน ผลผลิตของเกษตรกรเป็นที่ยอมรับและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในท้องถิ่น ทำให้บางครั้งผลผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด แม้ว่ากลุ่มยังประสบปัญหาด้านระบบการผลิตและเงินทุน แต่ยังมีหน่วยงานของภาครัฐคอยให้การช่วยเหลือในด้านเงินทุนการผลิตบางส่วน การให้ความรู้การทำเกษตรอินทรีย์ พร้อมให้คำปรึกษาและหาแนวทางแก้ไขปัญหาภายในกลุ่มเกษตรกรและจากศูนย์การเรียนรู้ ในอนาคตการรวมกลุ่มผลิตผักอินทรีย์จะยังคงมีอยู่และดำเนินต่อไป เนื่องจากมีประชาชนรายอื่นๆ ในหมู่บ้านให้ความสนใจในการทำเกษตรอินทรีย์ โดยเริ่มมีการทำแปลงผักอินทรีย์ไว้ในบริเวณบ้านเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน เกษตรกรบางรายที่ทำการเกษตรแบบเคมีเริ่มมีการปรับเปลี่ยนการผลิตด้วยการปรับลดการใช้สารเคมีทั้งปุ๋ยเคมีและยาปราบศัตรูพืช มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เข้ามาทดแทน อย่างไรก็ตามพบว่าการพัฒนาความรู้จากการแลกเปลี่ยนภายในกลุ่มยังไม่เพียงพอต่อการขยายผล ในขณะที่การบริหารจัดการการผลิตในรูปแบบกลุ่ม เช่น การวางแผนการผลิตร่วมกันอย่างเป็นระบบ ยังมีความสำคัญต่อความสำเร็จและการขยายผลเกษตรอินทรีย์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ากลุ่มเกษตรกรผู้สนใจภายในกลุ่มมีการขยายผลจำนวนค่อนข้างน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับเกษตรกรจากภายนอกที่ให้ความสนใจเข้ามาศึกษาดูงานและสามารถนำไปปฏิบัติใช้ได้จริง และยังพบว่ามีตัวแทนเกษตรกรจากหมู่บ้านอื่นๆ เข้ามาศึกษาการผลิตผักอินทรีย์และการทำปุ๋ยของกลุ่มเพื่อนำไปปฏิบัติเองและถ่ายทอดให้ความรู้แก่เกษตรกรรายอื่นต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้มอบทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ชนวน รัตนวราหะ, 2538, เกษตรยั่งยืน, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, 107 หน้า.

พฤกษ์ ยิบมันตะสิริ จตุรงค์ พวงมณี กุศล ทองงาม นิวัติ เชาว์ศิลป์ และ บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล, 2543, การพัฒนาสุขภาพประชาธิปไตยโดย การส่งเสริมการผลิตและการบริโภคอาหารคุณภาพ: ระบบและกระบวนการผลิตผักปลอดสารพิษในจังหวัดเชียงใหม่, ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2545, ความรู้เบื้องต้นเกษตรอินทรีย์, มูลนิธิสายใยแผ่นดิน, กรุงเทพฯ, 107 หน้า.

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 157-160 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 157-160 (2556)

กระบวนการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยแบบมีส่วนร่วมของกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

Participatory Development Processes for Safety Rice Marketing of Rice Farmer Group, Sun-Um Village, Cherngdoi Sub-district, Doi Saket District, Chiang Mai Province.

ปัญจาพาณ์ ชลสงคราม[1] อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ[1] บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล[1] และ วีระพงษ์ แสง – ชูโต[2]
Cholsongkram, P.[1], Opatpatanakit, A.[1], Limnirankul, B.[1] and Seang - Xuto, V.[2]

Abstract

The main obstacle of rice farmers is ability to develop appropriate marketing that fits to their rice production system. The research paper entitled “Participatory Development Process for Safety Rice Marketing of Rice Farmer Group, Sun-Um Village, Cherngdoi Sub-district, Doi Saket District, Chiang Mai Province” emphasizes the lessons of Sun-Um Rice Farmer Group in participatory develop the marketing for safety rice, and factors contribute to this marketing development process. The survey research was applied as the research methodology, interviewing 26 rice farmers, and then data was analyzed by content analysis. It was found that this participatory development process has 8 steps, as follow, 1) increase knowledge on safety rice production system Facilitated by such external mechanism as Research management Center at Maejo University, 2) formation of Sun-Um Rice Farmer Group, 3) utilization of Sun-Um village rice mill financially supported by the Thai Strength Project, 4) survey on rice farmers’ socio-economic data, 5) leading farmers participatory designed activities to develop rice marketing, 6) producing brown rice, 7) trail safety rice market both in village and outside, and 8) continuously support in developing rice market by expert and local administration officer.

Keywords: participatory development process, safety rice marketing, safety rice farmer group, agricultural extension

บทคัดย่อ

อุปสรรคสำคัญประการหนึ่งของเกษตรกรทำนาคือการพัฒนาตลาดที่เหมาะสมกับระบบการผลิตข้าว การวิจัย เรื่อง “กระบวนการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยแบบมีส่วนร่วมของกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่” นำเสนอบทเรียนของกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้มในการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยแบบมีส่วนร่วม และปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัย งานวิจัยนี้ปรับใช้การวิจัยเชิงสำรวจ เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เกษตรกรจำนวน 26 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า กระบวนการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยแบบมีส่วนร่วมของกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม มี 8 ขั้นตอนดังนี้ 1) การได้รับการสนับสนุนความรู้เกี่ยวกับระบบการผลิตข้าวปลอดภัยจากสำนักประสานงานวิจัยเชิงบูรณาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 2) การรวมกลุ่มของเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม 3) การใช้ประโยชน์จากโรงสีชุมชนที่ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากโครงการไทยเข้มแข็ง 4) การศึกษาข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลด้านสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร 5) เกษตรกรแกนนำออกแบบกิจกรรมในการพัฒนาตลาดข้าวร่วมกัน 6) การพัฒนาข้าวกล้องปลอดภัยของกลุ่ม 7) ทดลองเปิดตลาดปลอดภัยของสมาชิกกลุ่มทั้งภายในและภายนอกชุมชน 8) กระบวนการหนุนเสริมด้านการเปิดช่องทางการตลาดใหม่ของกลุ่มอย่างต่อเนื่องโดยผู้เชี่ยวชาญ และเจ้าหน้าที่จากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

คำสำคัญ: กระบวนการพัฒนาแบบมีส่วนร่วม ตลาดข้าวปลอดภัย กลุ่มเกษตรกรทำนาปลอดภัย ส่งเสริมการเกษตร

[1] ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและส่งเสริมเผยแพร่การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
[1] Department of Agricultural Economics and Agricultural Extension, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200
[2] ภาควิชามัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
[2] Department of Secondary Education, Faculty of Education, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

คำนำ

ในปีช่วง พ.ศ. 2550 - 2554 ข้าวเปลือกนาปีมีราคาสูงขึ้น โดยราคา ข้าวหอมมะลิ ข้าวเปลือกเจ้า 5% และข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาว มีราคาเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 11.62% 7.59% และ 14.62% ต่อปี ตามลำดับ เนื่องจากความต้องการของตลาดโลกยังคงมีอยู่อย่างต่อเนื่อง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ถึงแม้ราคาข้าวจะมีการปรับตัวสูงขึ้นเพียงใด ผู้บริโภคต้องซื้อข้าวในราคาสูงตามราคาตลาด แต่รายได้และคุณภาพชีวิตของเกษตรกรทำนายังไม่ดีขึ้น เกษตรกรยังคงต้องเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านการผลิต ตลอดจนปัญหาด้านการตลาด ถึงแม้ว่าเกษตรกรจะเริ่มมีแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยเน้นการลดต้นทุน และเพิ่มผลผลิตในทุกขั้นตอนที่สามารถลงมือทำได้ อีกทั้งความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ทั้งรูปแบบการทำนาที่เปลี่ยนไป สายพันธุ์ข้าว และการเข้ารุกคืบของเทคโนโลยีทางการเกษตรสมัยใหม่ ทำให้อาชีพชาวนาในทุกวันนี้ไม่ใช่อาชีพที่ลำบากดังเช่นอดีต หากแต่ยังมีสิ่งหนึ่งที่ไม่เคยเปลี่ยนแปลงไปเลย นั่นคือ “ราคาข้าว” ที่เกษตรกรไม่สามารถกำหนดราคาเองได้ เนื่องจากเกษตรกรยังคงขาดความรู้ และขาดวิธีการจัดการด้านการตลาด หากเกษตรกรสามารถจัดการกับเหตุแห่งข้อจำกัดเหล่านี้รวมถึงสามารถกำหนดราคาผลผลิตของตนเองได้แล้วนั้น จะทำให้มีความมั่นคงและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น อีกทั้งผู้บริโภคยังสามารถซื้อสินค้าในราคายุติธรรมอีกด้วย

บนพื้นฐานของปัญหาต่าง ๆ ที่เกษตรกรประสบมาเป็นเวลายาวนานนี้ นับว่าเป็นโอกาสดีที่เกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้มได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักประสานงานวิจัยเชิงบูรณาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งได้รับการสนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย ฝ่ายวิจัยเพื่อท้องถิ่น ลงพื้นที่ร่วมทำวิจัยเพื่อเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยทำการวิจัยปรับเปลี่ยนการผลิตข้าวจากการผลิตในระบบเคมีมาเป็นระบบเกษตรอินทรีย์ โดยลดการใช้สารเคมีเพื่อยกระดับและพัฒนาคุณภาพชีวิต จากความต้องการที่จะแก้ไขปัญหาและโอกาสที่ได้รับ จึงเกิดการรวมตัวกันเป็น “กลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม” มีสมาชิกทั้งหมด 26 ครัวเรือน จนทำให้ได้รับการสนับสนุน “โรงสีข้าวชุมชน” จากโครงการไทยเข้มแข็ง นับว่าเป็นต้นทุนที่ดีของทางกลุ่ม ความพยายามในการสร้างตลาดข้าวชุมชนจึงเด่นชัดยิ่งขึ้น ยึดหลักแนวคิดที่จะร่วมกันสร้างตลาดข้าวของชุมชนเพื่อผลิตข้าวกล้องปลอดภัยไว้จำหน่ายในราคายุติธรรมแก่คนในชุมชนและชุมชนใกล้เคียง

จากการที่ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สัมภาษณ์เกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นตรงกัน เกษตรกรสมาชิกกลุ่มทำนาบ้านสันอุ้มกำลังเผชิญกับปัญหาการตลาด มีความต้องการแก้ปัญหา และพัฒนาด้านการตลาดข้าวปลอดภัย โดยได้ทดลองพัฒนาการตลาดร่วมกัน บทความนี้ จึงขอนำเสนอบทเรียนของกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้มในการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยแบบมีส่วนร่วม และปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัย

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ปรับใช้การวิจัยเชิงสำรวจ เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เกษตรกรที่เป็นสมาชิกของกลุ่มเกษตรกรทำนาในหมู่บ้านสันอุ้ม จำนวน 26 ราย โดยใช้แบบสอบถามที่กำหนดประเด็นคำถาม เปิดโอกาสให้ผู้ตอบคำถามแสดงความคิดเห็น ตลอดจนกล้องถ่ายรูปและเครื่องบันทึกเสียง เพื่อใช้บันทึกภาพและเสียงที่ได้จากการรวบรวมข้อมูล เก็บข้อมูล 2 ประเด็นหลัก ได้แก่ ลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม และกระบวนการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยแบบมีส่วนร่วมของกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) จนทำให้ทราบกระบวนการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยแบบมีส่วนรวมของกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม และปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัย ตามวัตถุประสงค์

ผลการทดลอง

การเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์สมาชิกกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้มทั้งสิ้น 26 ราย ผลการวิจัย พบว่า กระบวนการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยแบบมีส่วนร่วมของกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม มี 8 ขั้นตอนดังนี้

1. **การได้รับการสนับสนุนความรู้เกี่ยวกับระบบการผลิตข้าวปลอดภัย จากสำนักประสานงานวิจัยเชิงบูรณาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้** โดยส่งเจ้าหน้าที่ลงพื้นที่ให้การสนับสนุนให้เกษตรกรร่วมกันคิดเพื่อแสวงหากระบวนการปรับเปลี่ยนการผลิตข้าวเป็นระบบเกษตรอินทรีย์เพื่อพัฒนาความเป็นอยู่ของเกษตรกรบ้านสันอุ้มให้ดีขึ้น โดยมีกิจกรรมให้ความรู้ในเรื่องการลดต้นทุนการผลิต เช่น การทำปุ๋ยชีวภาพ การนำทีมแกนนำไปศึกษาดูงานจากชุมชนต้นแบบและการทำแปลงสาธิต เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมกับชุมชน

2. **การรวมกลุ่มของเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม** มีการรวมตัวและพัฒนาเป็นกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้มซึ่งมีสมาชิกทั้งสิ้น 26 ครัวเรือน โดยมีโครงสร้างกลุ่มแบบหลวม ๆ ไม่เป็นทางการ โดยมีความคิดที่จะสร้างตลาดข้าวชุมชนขึ้น เพื่อจะผลิตข้าวที่ดีให้กับคนในชุมชนได้กิน ซึ่งหากพัฒนาจนสำเร็จได้นั้น เกษตรกรผู้ปลูกจะเป็นผู้กำหนดราคาข้าวของตนเองได้

3. **การใช้ประโยชน์จากโรงสีชุมชนที่ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากโครงการไทยเข้มแข็ง** ไว้เพื่อรองรับผลผลิตข้าวปลอดภัยของสมาชิกกลุ่มในอนาคต ถือเป็นต้นทุนที่ดี ที่ผู้นำระดับหมู่บ้านให้ความสำคัญ

4. **การศึกษาข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลด้านสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร** นักวิจัยได้ลงพื้นที่นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มเกษตรกรและผู้นำชุมชน ทำให้เห็นสถานการณ์ทั้งด้านการผลิตและการตลาดภายในชุมชน เพื่อรู้ถึงสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งสมาชิกได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีและมีความคาดหวังถึงความสำเร็จของกลุ่มเพราะคาดว่าน่าจะทำให้ชีวิตของตนดีขึ้น

5. **เกษตรกรแกนนำออกแบบกิจกรรมในการพัฒนาตลาดข้าวร่วมกัน** ได้แก่ การประชุม การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เทคนิค และสิ่งที่ได้พบเห็น ทำให้มีข้อมูลเปรียบเทียบปัญหานำไปสู่การพัฒนาตลาดข้าวเพื่อการอยู่รอดของเกษตรกรผู้ทำนาบ้านสันอุ้มต่อไป แต่สมาชิกส่วนใหญ่ยังไม่ให้ให้ความร่วมมือนัก จึงทำให้กระบวนการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยบ้านสันอุ้มไม่ได้เกิดมาจากความคิดเห็นส่วนใหญ่ของสมาชิก

6. **การพัฒนาข้าวกล้องปลอดภัยของกลุ่ม** จากที่ทางแกนนำกลุ่มได้คิดกันว่าจะการผลิตข้าวปลอดภัย แปรรูปในรูปแบบข้าวกล้องจำหน่ายในชุมชน เพราะกำลังเป็นที่นิยมและยังมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค จึงคัดเลือกข้าวสายพันธุ์ที่เหมาะสมในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผลผลิตจากแปลง จนได้สายพันธุ์ที่เหมาะสมจากผลผลิตข้าวปลอดภัยทั้งหมด 4 สายพันธุ์ คือ ข้าวหอมนิล ข้าวหอมกุหลาบ ข้าวหอมทองทา และข้าวดอกมะลิ 105

7. **ทดลองเปิดตลาดปลอดภัยของสมาชิกกลุ่มทั้งภายในและภายนอกชุมชน** การทดลองเปิดตลาดทั้งในชุมชนและนอกชุมชนของเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม มีแนวคิดหลัก คือ ผลผลิตข้าวของบ้านสั้นอุ้มเป็นของดีควรให้คนในชุมชนได้กินก่อน แต่ถ้ามีเหลือก็อาจจะทำตลาดภายนอก โดยลักษณะของบรรจุภัณฑ์นั้น ไม่มีการตกแต่งใด ๆ เนื่องจากยังไม่มีงบประมาณในส่วนนี้ ทั้งยังขาดเงินทุนสำรองและคาดว่าการบริโภคภายในชุมชนคงไม่มีความจำเป็นในรูปลักษณ์ภายนอกที่สวยงามขอเพียงมีรสชาติที่ดี ปลอดภัยก็น่าจะเพียงพอ ซึ่งตลาดภายในชุมชนได้รับความนิยมพอสมควร แต่ก็ยังมีผู้บริโภคบางกลุ่มที่ไม่คุ้นเคยกับการบริโภคข้าวกล้อง ในส่วนภายนอกชุมชนนั้นเป็นการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ และเป็นการเพิ่มช่องทางด้านการตลาด ได้รับความสนใจอย่างมาก ถือว่าเป็นการเปิดตลาดเปิดตัวอย่างสวยงาม ทำให้ข้าวปลอดภัยของสันอุ้มเป็นที่รู้จักของผู้บริโภคมากขึ้น ทั้งนี้ การเปิดตลาดมีแนวโน้มไปในทางที่ดี

8. **กระบวนการหนุนเสริมด้านการเปิดช่องทางการตลาดใหม่ของกลุ่มอย่างต่อเนื่องโดยผู้เชี่ยวชาญและเจ้าหน้าที่จากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น** มีการประชาสัมพันธ์สถานการณ์การตลาดของกลุ่มในการประชุมหมู่บ้าน เพื่อช่วยกระตุ้นให้สมาชิกมีความมั่นใจต่อการพัฒนาตลาดข้าวบ้านสันอุ้ม แต่สมาชิกก็ยังมีความกังวลใจเรื่องผลตอบแทนที่จะได้รับ จนในที่สุดกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้มก็ไม่สามารถสร้างตลาดข้าวปลอดภัยบ้านสันอุ้มได้สำเร็จ

วิจารณ์ผล

จากความตั้งใจจริงและความพยายามที่จะสร้างตลาด “ข้าวกล้องปลอดภัย” ของกลุ่มเกษตรกรทำนาให้เกิดขึ้นในชุมชนบ้านสันอุ้มนั้น พบว่า กระบวนการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยแบบมีส่วนร่วมของกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม ทั้ง 8 ขั้นตอน คือ การได้รับการสนับสนุนความรู้เกี่ยวกับระบบการผลิตข้าวปลอดภัยจากสำนักประสานงานวิจัยเชิงบูรณาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ การรวมกลุ่มของเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม การใช้ประโยชน์จากโรงสีชุมชนที่ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากโครงการไทยเข้มแข็ง การศึกษาข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลด้านสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร เกษตรกรแกนนำออกแบบกิจกรรมในการพัฒนาตลาดข้าวร่วมกัน การพัฒนาข้าวกล้องปลอดภัยของกลุ่ม ทดลองเปิดตลาดปลอดภัยของสมาชิกกลุ่มทั้งภายในและภายนอกชุมชน และกระบวนการหนุนเสริมด้านการเปิดช่องทางการตลาดใหม่ของกลุ่มอย่างต่อเนื่องโดยผู้เชี่ยวชาญ และเจ้าหน้าที่จากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มีความคล้ายคลึงกับข้อมูลของ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2548) ที่ระบุว่า “การพัฒนาระบบการตลาดนั้น จำเป็นจะต้องเป็นระบบครบวงจร คือ ระบบของวงจรการตลาดเอง ซึ่งเริ่มต้นจากการศึกษาตลาด การเจาะและขยายตลาด ไปจนถึงการพัฒนาและส่งเสริมการขาย นอกจากนี้ระบบการตลาดจำเป็นจะต้องเชื่อมโยงไปสู่ระบบการผลิตด้วย ทั้งนี้เพื่อจะนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงด้านการผลิตและผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามความต้องการของตลาด” แต่ถึงอย่างไรการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยที่เกิดจากความต้องการและความพยายามของตัวเกษตรกรเองนั้น ก็ยังคงไม่ประสบผลสำเร็จ

จากการศึกษา พบว่า สมาชิกกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้มส่วนใหญ่ยังไม่ให้ความร่วมมือเท่าที่ควร เนื่องจากการบริหารจัดการภายในกลุ่มยังไม่เพียงพอต่อความเชื่อมั่นของสมาชิก มีเพียงแกนนำเท่านั้นที่พยายามช่วยกันพัฒนาตลาดอย่างแท้จริง ถึงแม้แกนนำกลุ่มจะใช้วิธีการกระตุ้นให้สมาชิกเพิ่มความมั่นใจต่อการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยในบ้านสันอุ้ม จนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางทัศนคติในการผลิตข้าวปลอดภัย มีการลดการใช้สารเคมีเพื่อรองรับการผลิตข้าวกล้องปลอดภัยส่งให้กลุ่มจะมีแนวโน้มดีขึ้นเพียงใด แต่สมาชิกกลุ่มเกษตรกรส่วนใหญ่ยังมีความกังวลใจเรื่องผลตอบแทนที่จะได้รับ จนในที่สุดกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้มก็ยังคงไม่สามารถสร้างตลาดข้าวปลอดภัยบ้านสันอุ้มได้สำเร็จ สอดคล้องกับความหมายการมีส่วนร่วมที่ นิคม (2542) ระบุว่า “การมีส่วนร่วมเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนา หากมีความรู้สึกว่าเป็นเจ้าของและลงมือดำเนินกิจกรรมด้วยตัวเองแล้ว มีความรู้ และเข้าใจในกระบวนการอย่างถ่องแท้ สามารถมองเห็นและคาดหวังไว้ในผลประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับตัวเอง ครอบครัวและชุมชน ทั้งยังได้รับข้อมูลข่าวสารอย่างเพียงพอ จนเกิดตระหนักในปัญหาของตนเองและดิ้นรนหาทางแก้ไขเพื่อปรับปรุงเปลี่ยนแปลง จนเกิดการตัดสินใจเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมร่วมกัน จึงจะถือเป็นการมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง” หากทางกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้มจะต้องการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยจนสามารถดำเนินการต่อไปได้อาจต้องทำดังเช่น ครอบครัวคุณบาลเย็น สุนันตา ที่มีระบบการบริหารจัดการตั้งแต่ระดับปัจเจก ระดับครัวเรือน จนถึงระดับกลุ่มในชุมชนบ้านสันทราย ดังจะเห็นว่ากระบวนการหนุนเสริมเป็นสิ่งจำเป็นในการก่อเกิดกลุ่มทางการตลาด เพราะหากสมาชิกมีแรงน้อยก็จำเป็นที่จะต้องได้รับแรงสนับสนุนจากภายนอก ดังเช่น งานวิจัยของ นเรศ (2554) ที่ระบุว่า “ความสำเร็จของกลุ่มเกษตรอินทรีย์บ้านสันทราย เป็นผลให้ทางองค์การบริหารส่วนตำบลลวงเหนือ กำหนดการทำเกษตรอินทรีย์เป็นวาระตำบลและเปิดตลาดเกษตรปลอดสารในตำบลขึ้นในทุกวันจันทร์ เพื่อแก้ไขปัญหาด้านการตลาด”

จากบทเรียนของกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้ม พบว่า การพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยของบ้านสันอุ้มจะมียั่งยืนมากเพียงใด ก็จำต้องขึ้นอยู่กับการปฏิบัติการอย่างต่อเนื่องของคนในชุมชน ความร่วมแรงร่วมใจ การใช้ชีวิตอย่างพอเพียง รวมถึงการยอมรับความเปลี่ยนแปลงของกระแสโลกาภิวัฒน์ ไม่วิ่งตามกระแส รวมถึงต้องตระหนักถึงปัญหาและแนวทางแก้ไขในระยะยาว เรียนรู้ที่จะปรับประยุกต์ใช้และหาแนวทางที่เหมาะสมโดยเน้นการพึ่งพาตนเองให้มากที่สุด

สรุปผล

การพัฒนากระบวนการพัฒนาตลาดข้าวปลอดภัยแบบมีส่วนรวมของกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้มนั้นไม่ใช่เรื่องง่ายเลยที่ทางกลุ่มจะสามารถพัฒนาไปเองได้ในระยะเวลาอันสั้น ความตั้งใจจริงเพียงอย่างเดียวยังคงไม่เพียงพอที่จะส่งผลให้การพัฒนาด้านการตลาดของกลุ่มสำเร็จได้ ทั้งนี้ทางกลุ่มเกษตรกรทำนาบ้านสันอุ้มยังคงต้องการ การสนับสนุนจากสมาชิกภายในกลุ่มเองและหน่วยงานภายนอกในอีกหลายด้าน เช่น การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่น ด้านทักษะความรู้ และจำต้องมีเงินทุนหมุนเวียนในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ อีกทั้งจำเป็นต้องมีการสร้างเครือข่ายเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกลุ่มเกษตรกรอื่นๆ ที่มีความสอดคล้องและมุ่งพัฒนาทางด้านเดียวกัน เพื่อให้เกิดการพัฒนาแบบยั่งยืนต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณท่าน รองศาสตราจารย์ ดร. อาวรณ์ โอภาพัฒนกิจ ดร. บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล และรองศาสตราจารย์ ดร. วีระพงษ์ แสง - ชูโต ที่เมตตาให้คำปรึกษา ชี้แนะ พร้อมกำลังใจในการทางานวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้มอบทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

นเรศ วงค์คม, 2554, แนวทางการพัฒนาการกำหนดนโยบายด้านการเกษตรอย่างมีส่วนร่วมของเกษตรกรในเทศบาลตำบลลวงเหนือ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่, วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 137 หน้า.

นิคม ไชยวรรณ, 2543, กระบวนการส่งเสริมเกษตรกรรมยั่งยืนที่เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อยภาคเหนือ, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย, 86 หน้า.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2548. “การพัฒนาการตลาด” [สืบค้น], www.nesdb.go.th/portals/0/news/plan/p6/M8_5.doc [18/ July /11]

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555, สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2555, สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, หน้า 1 – 15.

การคัดแยกและคัดเลือกแบคทีเรียทนอุณหภูมิสูงลักษณะเฉพาะที่ผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์

Screening and Isolation of Unique Characteristics Thermophilic Bacterium in Derivative-xylooligosaccharides Production

เกษรา เพิ่มสุข[1] ภัทรา ผาสอน[2] รัตติยา แววนุกุล[2] อะกิฮิโกะ โคสึกิ[3] กนก รัตนะกนกชัย[1] และ จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[2]

Phoemsuk, K.[1], Pason, P.[2], Waeonukul, R.[2], Kosugi, A.[3], Ratanakhanokchai, K.[1] and Tachaapaikoon, C.[2]

Abstract

Derivative-xylooligosaccharides (dXOS) are derivative of the xylose oligomers that produce from xylan. In recent years, dXOS have attracted of their potential industrial applications because it have many benefits such as enhance probiotic growth, antimicrobial activity, and etc. This study was aimed to screening and isolation of dXOS-producing and -accumulating thermophilic bacterium from birchwood xylan. Bacteria were screened from soils on mineral salt (MS) medium with 0.5% (w/v) birchwood xylan as sold carbon source and incubated at 55^{0}C at 200 rpm for 24 hours. Ninety-four isolates showed pattern product as the series of xylooligosaccharides, while only one isolate, namely strain NO.10 can be produced major product of dXOS (nearly xylopentaose). The16S rRNA gene sequence analysis revealed that the strain NO.10 belong to genus *Bacillus*. Based on the evidence results, isolated strain NO.10 is a unique characteristic thermophilic bacterium for dXOS production.

Keywords: *Bacillus*, derivative-xylooligosaccharides, thermophilic bacterium, xylan

บทคัดย่อ

อนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์สามารถผลิตได้จากการย่อยไซแลน ซึ่งอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์มีคุณสมบัติที่มีประโยชน์ เช่น การช่วยกระตุ้นการเจริญของโปรไบโอติก ต่อต้านการเจริญของแบคทีเรียบางชนิด เป็นต้น จึงนิยมนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ งานวิจัยนี้ได้ทำการคัดแยกและคัดเลือกแบคทีเรียทนอุณหภูมิสูงลักษณะเฉพาะที่สามารถผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากไซแลนได้ โดยคัดแยกแบคทีเรียจากตัวอย่างดินในอาหาร mineral salt (MS) ที่มีไซแลนร้อยละ 0.5 เป็นแหล่งคาร์บอน (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากการคัดแยกพบว่าแบคทีเรียทนอุณหภูมิสูงทั้งหมด 94 สายพันธุ์ที่ย่อยไซแลนได้ผลิตภัณฑ์เป็นอนุกรมของน้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ อย่างไรก็ตามมีแบคทีเรียทนอุณหภูมิสูงสายพันธุ์เดียวคือ สายพันธุ์ NO.10 ที่ให้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ (ใกล้เคียงน้ำตาลไซโลเพนตะโอส) จากการตรวจสอบและเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA ของแบคทีเรียทนอุณหภูมิสูงสายพันธุ์ NO.10 พบว่ามีความใกล้เคียงและจัดอยู่ในสกุล *Bacillus* จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ NO.10 มีลักษณะเฉพาะในการผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์

คำสำคัญ: บาซิลัส อนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ แบคทีเรียทนอุณหภูมิสูง ไซแลน

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิทยาเขตบางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkuntien campus), 49 Soi Tien Thale 25, Bangkuntien-Chaithale Road, Thakham, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (วิทยาเขตบางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkuntien campus), 49 Soi Tien Thale 25, Bangkuntien-Chaithale Road, Thakham, Bangkuntien, Bangkok 10150

[3] ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น 1-1 โอวาชิ ซึคุบะ อิบารากิ 303-8686 ญี่ปุ่น

[3] Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1-1 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 303-8686, Japan

คำนำ

อนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ประกอบด้วยหน่วยย่อยคือน้ำตาลไซโลส (xylose) 2-7 โมเลกุล โดยอาจจะมีหมู่แทนที่คือ D-glucuronic acid หรือ L-arabinose (Yuan และคณะ, 2004) อนุพันธ์ของน้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์มีคุณสมบัติที่มีประโยชน์ เช่น มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) เนื่องจากทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์และสภาวะความเป็นกรดภายในกระเพาะอาหาร แต่ถูกย่อยด้วยแบคทีเรียในลำไส้ โดยสามารถกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ (probiotics) ซึ่งอยู่ในลำไส้ของมนุษย์และสัตว์ เช่น *Lactobacilli* และ *Bifidobacteria* เป็นต้น (Mussatto และ Mancilha, 2007; Jaskari และคณะ, 1998) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการต่อต้านแบคทีเรียแกรมบวกและ *Helicobacter pylori* ต่อต้านการแพ้ ลดการเกิดคราบแบคทีเรียบนผิวฟัน (plaque) (Moure และคณะ, 2006) รวมทั้งสามารถลดความเข้มข้นของกรดน้ำดี ซึ่งกรดน้ำดีจะส่งผลเสียต่อลำไส้ใหญ่และกระตุ้นการเกิดเนื้องอก (Zampa และคณะ, 2004) ดังนั้นจึงนิยมนำอนุพันธ์ของน้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารประเภท functional food เช่น ผลิตภัณฑ์นม ชา เครื่องดื่มบำรุงกำลัง เป็นต้น รวมถึงการนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมทางเภสัชกรรมและเครื่องสำอาง

อนุพันธ์ของน้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยไซแลน โดยไซแลนเป็นองค์ประกอบหลักของเฮมิเซลลูโลสที่สกัดได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดต่างๆ เช่น เปลือกข้าวโพด ซังข้าวโพด ชานอ้อย มีเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 23.0-44.5 (Luciana และคณะ, 2006) ซึ่งวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากกระบวนการผลิตสินค้าเกษตรกรรมในประเทศไทยมีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ นอกเหนือจากการใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ และปุ๋ย

การผลิตอนุพันธ์ของน้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์สามารถผลิตได้ด้วยจุลินทรีย์ และวิธีทางเอนไซม์ ซึ่งมีข้อดีคือได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า เนื่องจากไซลาโนไลติกเอนไซม์มีความไวและความจำเพาะต่อไซแลนมากกว่าวิธีอื่นๆ (Tan และคณะ, 2007) หากใช้จุลินทรีย์หรือไซลาโนไลติกเอนไซม์จากจุลินทรีย์ย่อยไซแลนจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้ได้อนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีขนาดใหญ่ ปริมาณมาก และมีจำนวนน้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์น้อยชนิด จะได้น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีมูลค่าสูง และเป็นการลดต้นทุนการผลิตด้านกระบวนการทำบริสุทธิ์อีกทางหนึ่ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะคัดเลือกจุลินทรีย์ที่ทนอุณหภูมิสูงที่ผลิตไซลาโนไลติกเอนไซม์ทนอุณหภูมิสูงที่มีคุณสมบัติดังที่กล่าวมาข้างต้นเพื่อใช้ผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากไซแลนที่สกัดได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้เป็นอย่างดี และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดแยกเชื้อแบคทีเรียทนอุณหภูมิสูงลักษณะเฉพาะที่สามารถผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้จากดินที่มีการทับถมของเศษพืช โดยนำตัวอย่างดินมาใส่ในหลอดอาหารเหลว MS ที่มีไซแลนร้อยละ 0.5 เป็นแหล่งคาร์บอน (น้ำหนักต่อปริมาตร) บ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำหลอดอาหารเหลวที่มีการเจริญของเชื้อ (มีความขุ่นเกิดขึ้น) มาทำการคัดแยกแบคทีเรียให้เป็นโคโลนีเดี่ยว โดยเทคนิค streak plate เขี่ยแบคทีเรียลงในอาหารแข็ง MS แล้วนำไปบ่ม จากนั้นนำโคโลนีเดี่ยวที่เกิดขึ้นไปเลี้ยงในอาหาร MS ที่มีไซแลนร้อยละ 0.5 เป็นแหล่งคาร์บอน (น้ำหนักต่อปริมาตร) แล้วบ่มที่สภาวะเดิม นำอาหารเลี้ยงเชื้อมาปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนออกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เก็บส่วนใสมาตรวจสอบรูปแบบผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เกิดขึ้นโดยใช้เทคนิค thin layer chromatography (Thitikorn-amorn และคณะ, 2012) จากนั้นทำการจำแนกเชื้อโดยตรวจสอบและเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA ของแบคทีเรียทนอุณหภูมิสูงที่ให้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการคัดแยกแบคทีเรียจากตัวอย่างดินที่เก็บจากบริเวณรอบๆ ที่มีการทับถมกันของเศษพืช ด้วยอาหาร MS สูตรของ Berg และคณะ (1972) โดยมีไซแลนร้อยละ 0.50 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นแหล่งคาร์บอน ที่พีเอช 7.0 อุณหภูมิสูง 55 องศาเซลเซียส สามารถคัดแยกแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์ที่สามารถย่อยไซแลนได้ดีจำนวน 95 สายพันธุ์ โดยเมื่อตรวจสอบผลิตภัณฑ์น้ำตาลในอาหารเลี้ยงแบคทีเรีย ซึ่งเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 24 ชั่งโมง ด้วยเทคนิค TLC สามารถแบ่งแบคทีเรียออกเป็น 2 กลุ่มตามรูปแบบผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่เกิดขึ้น แสดงดัง Figure 1 แบคทีเรียกลุ่มที่ 1 ได้แก่ แบคทีเรียสายพันธุ์ SPP1-SPP19, SPP21-SPP54, NO.1-NO.9, NO.11-NO.37 และTR1-TR3 ซึ่งเป็นแบคทีเรียกลุ่มใหญ่ที่ผลิตอนุกรมของน้ำตาลไซโลส และ

น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ขนาดต่างๆ ส่วนแบคทีเรียกลุ่มที่ 2 คือ แบคทีเรียสายพันธุ์ NO.10 เพียงสายพันธุ์เดียวที่ผลิตน้ำตาลไซโลสและน้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ขนาดใหญ่ โดยสามารถผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ขนาดใกล้เคียงกับน้ำตาลไซโลเพนตะโอสเป็นผลิตภัณฑ์หลักเพียงชนิดเดียว ซึ่งง่ายต่อการทำบริสุทธิ์มากกว่า (Tan และคณะ, 2007) ผลิตภัณฑ์จากแบคทีเรียในกลุ่มที่ 1 ดังนั้นจึงเลือกแบคทีเรียสายพันธุ์ NO.10 มาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และผลิตอนุพันธ์ของน้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ การที่แบคทีเรียทนอุณหภูมิสูงแต่ละกลุ่มผลิตน้ำตาลในรูปแบบที่แตกต่างกัน น่าจะมีสาเหตุจากความสามารถในการย่อยไซแลนโดยไซลาโนไลติกเอนไซม์จากแบคทีเรีย และการใช้น้ำตาลของแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกัน (Bastawde, 1992) โดยสายพันธุ์ NO.10 ผลิตน้ำตาลขนาดใกล้เคียงกับน้ำตาลไซโลเพนตะโอสเป็นผลิตภัณฑ์หลัก อาจเนื่องมาจากขนาดของน้ำตาลไม่เหมาะสมต่อการย่อยด้วยไซลาโนไลติกเอนไซม์ และ/หรือจุลินทรีย์ไม่สามารถใช้น้ำตาลขนาดใกล้เคียงกับน้ำตาลไซโลเพนตะโอสได้ ขณะที่แบคทีเรียกลุ่มที่ 1 มีการนำน้ำตาลไปใช้ได้น้อย และอาจเป็นไปได้ว่าระบบเอนไซม์ที่ย่อยกิ่งก้านทำงานได้ดีกว่า จึงทำให้มีผลิตภัณฑ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์สะสมหลายขนาด

เมื่อจำแนกแบคทีเรียสายพันธุ์ NO.10 โดยเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA กับสมาชิกในฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม BLAST ของ NCBI พบว่ามีความคล้ายกับ *Bacillus clausii* DF3 ร้อยละ 99.50 ส่วนแบคทีเรียอื่นๆ ที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์คล้ายคลึงรองลงมาส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียในจีนัส *Geobacillus* แบคทีเรียสายพันธุ์ NO.10 เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง (55-65 องศาเซลเซียส) แต่ไม่สามารถเจริญที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (แสดงดัง Figure 2) จึงมีคุณสมบัติเป็น thermophilic bacterium ส่วนแผนภาพ phylogenetic tree แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียสายพันธุ์ NO.10 กับ *Bacillus clausii* DF3 และแบคทีเรียอื่นๆ ที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์คล้ายคลึงกัน ดัง Figure 3

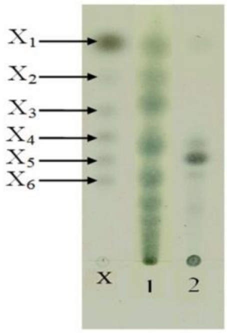


Figure 1

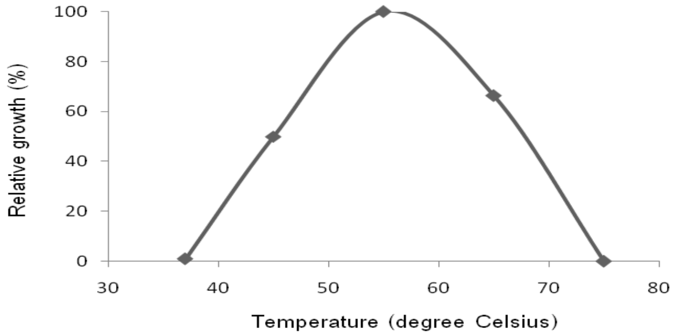


Figure 2

Figure 1 TLC of sugar products during cultivation of thermophilic bacteria on birchwood xylan. Lane 1 show series pattern of XOS from bacteria group I. Lane 2 show major product of XOS nearly xylopentaose from strain NO.10. (X = standard of xylose and series of XOS)

Figure 2 Effect of temperature on growth of strain NO.10 on 0.5% birchwood xylan, 200 rpm for 24 hours.

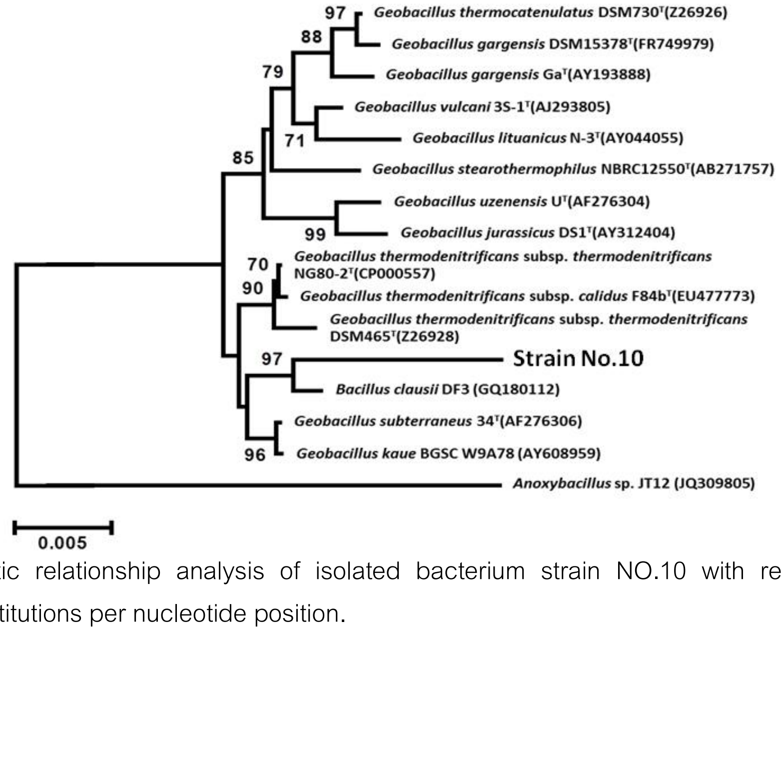


Figure 3 Phylogenetic relationship analysis of isolated bacterium strain NO.10 with relative members. Bar represent 0.005 substitutions per nucleotide position.

สรุปผล

แบคทีเรียสายพันธุ์ NO.10 ที่คัดแยกจากตัวอย่างดินที่มีการทับถมของเศษพืช เป็นแบคทีเรียทนอุณหภูมิสูงที่มีลักษณะเฉพาะในการผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากไซแลน คือ ผลิตน้ำตาลใกล้เคียงน้ำตาลไซโลเพนตะโอสเป็นผลิตภัณฑ์หลัก เพียงสายพันธุ์เดียวจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 95 ตัวอย่าง ดังนั้นแบคทีเรียสายพันธุ์นี้จึงเป็นแบคทีเรียน่าจะมีคุณลักษณะเฉพาะที่น่าสนใจสำหรับนำไปผลิตอนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ เพื่อประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (NRU) ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Bastawde, K.B., 1992, Review: Xylan Structure, Microbial Xylanases, and their Mode of Action, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 8: 353-368.

Berg, B., Van Hofsten, B.V. and Pettersson, G., 1972, Growth and Cellulase Formation by *Cellvibrio fulvus*, Journal of Applied Bacteriology, 35: 201–204.

Jaskari, J., Kontula, P., Siitonen, A., Jousimies-Somer, H., Mattila-Sandholm, T. and Poutanen, K., 1998, Oat β-glucan and Xylan Hydrolysate as Selective Substrates for *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* strains, Applied Microbiology and Biotechnology, 49: 175-181.

Luciana, A.O., Porto, A.L.F. and Tambourgi, E.B., 2006, Production of Xylanase and Protease by *Penicillium janthinellum* CRC 87M-115 from Different Agricultural Wastes, Bioresource Technology, 97: 862–867.

Moure, A., Gullon, P., Dominguez, H. and Parajo, J.C., 2006, Advances in the Manufacture, Purification and Applications of Xylo-oligosaccharides as Food Additives and Nutraceutricals, Process Biochemistry, 41: 1913-1923.

Mussatto, S.I. and Mancilha, I.M., 2007, Review: Non-digestible Oligosaccharides, Carbohydrate Polymers, 68: 587-597.

Tan, S.S., Li, D.Y., Jiang, Z.Q., Zhu, Y.P., Shi, B. and Li, L.T., 2008, Production of Xylobiose from the Autohydrolysis Explosion Liquor of Corncob Using *Thermotoga maritime* Xylanase B (XynB) Immobilized on Nickel-chelated Eupergit C, Bioresource Technology, 99: 200-204.

Thitikorn-amorn, J., Kyu, K.L., Sakka, K., Ratanakhanokchai, K., 2012, Production and Accumulation of 4-*O*-Methyl-α-D-Glucuronosyl-Xylotriose by Growing Culture of Thermophilic *Anoxybacillus* sp. Strain JT-12, Applied Microbiology and Biotechnology: 1-10.

Yuan, Q.P., Zhang, H., Qian, Z.M. and Yang, X.J., 2004, Pilot-plant Production of Xylo-oligosaccharides from Corncob by Steaming, Enzymatic Hydrolysis and Nanofiltration, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 79: 1073-1079.

Zampa, A., Silvi, S., Fabiani, R., Morozzi, G., Orpianrsi, C. and Cresci, A., 2004, Effects of Different Digestible Carbohydrates on Bile Acid Metabolism and SCFA Production by Human Gut Micro-flora Grown in an *in vitro* Semi-continuous Culture, Anaerobe, 10: 19-26.

การคัดแยกแบคทีเรียชนิดชอบร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญที่มีความสามารถสูงในการย่อยฟางข้าว

Screening and Isolation of Thermophilic Anaerobic Bacterium with Higher Rice Straw Degrading Ability

ปรารถนา เกตุบท[1] รัตติยา แววนุกูล[2] จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ[2] ภัทรา ผาสอน[2] อะกิฮิโกะ โคสึกิ[3] และ กนก รัตนะกนกชัย[1]

Ketbot, P.[1], Waeonukul, R.[2], Tachaapaikoon, C.[2], Pason, P.[2], Kosugi, A.[3] and Ratanakhanokchai, K.[1]

Abstract

Rice straw is an attractive lignocellulosic material for the production of value-added products since it is one of the most abundant agricultural residues in Thailand. Lignocellulose contains a complex mixture of polysaccharides, mainly cellulose and hemicellulose (mainly xylan), and lignin. Therefore, complete and rapid hydrolysis of these polysaccharides requires not only cellulolytic enzymes but also the cooperation of xylanolytic enzymes. In this study, we were interested in the isolation and identification of thermophilic anaerobic bacterium that produce high performance rice straw degrading enzymes. Total 298 soil samples were collected from various sources in Thailand and inoculated directly onto basal medium (BM, pH7.0) containing 1% (w/v) rice straw as the carbon source. Inoculated cultures were grown at 60°C for 2-3 days under anaerobic condition. To choose monoculture candidates possessing high rice straw degrading ability, rice straw-grown cultures of each candidate were compared to that of strain *Clostridium thermocellum* ATCC27405. Several monocultures designated NK5, KK8/1, KK8/2 and KK14/1 possessed greater and more rapid rice straw degrading ability than that of ATCC 27405. The promising candidates were identified based on comparative analysis the sequence of the 16S rRNA gene. The closest relatives of isolated NK5 were *C. caenicola* (sequence identity, 94%), whereas isolated KK8/1, KK8/2 and KK14/1 were *C. thermocellum* (99%).

Keywords: cellulolytic enzymes, rice straw, thermophilic anaerobic bacterium, xylanolytic enzymes

บทคัดย่อ

ฟางข้าวเป็นสารลิกโนเซลลูโลสที่มีความน่าสนใจสำหรับการนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตสารชีวภาพมูลค่าสูง เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมากในประเทศไทย โดยทั่วไปสารลิกโนเซลลูโลสประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เป็นองค์ประกอบหลัก มีโครงสร้างทางเคมีที่ซับซ้อน ดังนั้นในการย่อยสลายสารลิกโนเซลลูโลสอย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว ต้องอาศัยการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดในกลุ่มเซลลูโลไลติกและไซลาโนไลติก ในงานวิจัยนี้สนใจคัดเลือกและแยกแบคทีเรียชนิดชอบร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญที่สามารถผลิตเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายฟางข้าว โดยทำการเก็บตัวอย่างดินจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทยจำนวน 298 ตัวอย่างและทำการบ่มตัวอย่างในอาหาร BM7 พีเอช 7.0 มีฟางข้าวร้อยละ 1 เป็นแหล่งคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน เป็นเวลา 2-3 วัน ทำการคัดเลือกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายฟางข้าวโดยเปรียบเทียบกับ *C. thermocellum* ATCC 27405 พบว่าแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยฟางข้าวสูงกว่า ATCC27405 มี 4 สายพันธุ์คือ NK5 KK8/1 KK8/2 และ KK14/1 และจากการพิสูจน์เอกลักษณ์ของจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค 16S rRNA พบว่าสายพันธุ์ NK5 มีความคล้ายคลึงกับ *C. caenicola* ร้อยละ 94 และสายพันธุ์ KK8/1 KK8/2 และ KK14/1 มีความคล้ายคลึงกับ *C. thermocellum* ร้อยละ 99

คำสำคัญ: เอนไซม์เซลลูโลไลติก ฟางข้าว แบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจนและชอบร้อน เอนไซม์ไซลาโนไลติก

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] Pilot Plant Development and Training Institute (PDTI), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49 SoiTienThale 25, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[3] ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น 1-1 โอวาชิ ซึคุบะ อิบารากิ 303-8686 ญี่ปุ่น

[3] Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1-1 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 303-8686, Japan

คำนำ

ฟางข้าวเป็นสารลิกโนเซลลูโลส ประกอบด้วยสารพอลิเมอร์หลัก 3 ชนิด คือ เซลลูโลส (ร้อยละ 35-40) เฮมิเซลลูโลส (ร้อยละ 25-30) และลิกนิน (ร้อยละ 10-15) (Zhang และคณะ, 2009) ในส่วนของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสถ้ามีการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์จะได้น้ำตาลกลูโคสและไซโลสเป็นผลิตภัณฑ์หลัก ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารมูลค่าสูงได้ เช่นเอทานอล หรือ กรดอินทรีย์ต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามสารลิกโนเซลลูโลสมีโครงสร้างทางเคมีที่ซับซ้อนและยากต่อการย่อยสลาย ดังนั้นในการย่อยสลายสารลิกโนเซลลูโลสต้องอาศัยการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดทั้งในกลุ่มเซลลูโลไลติก (cellulolytic enzymes) และไซลาโนไลติก (xylanolytic enzymes) ในปัจจุบันมีหลายงานวิจัยได้พบว่า เอนไซม์เชิงซ้อน (multienzyme complex) หรือเซลลูโลโซม (cellulosome) เป็นกลุ่มเอนไซม์ที่มีประสิทธิสูงในการย่อยสลายสารลิกโนเซลลูโลส (Bayer และคณะ, 2004; Bayer และคณะ, 2007; Doi และ Kosugi, 2004; Tachaapaikoon และคณะ, 2012; Waeonukul และคณะ, 2012) เนื่องจากเป็นกลุ่มเอนไซม์ที่เกิดจากการอยู่ร่วมกันของเอนไซม์หน่วยย่อยหลายชนิดทั้งในกลุ่มเซลลูโลไลติกและไซลาโนไลติก เอนไซม์ โดยแต่ละหน่วยย่อยจับอยู่กับโปรตีนแกนกลางที่เรียกว่า scaffoldin ทำให้เซลลูโลโซมมีโครงสร้างที่แข็งแรง และมีเสถียรภาพสูง นอกจากนี้เซลลูโลโซมยังประกอบด้วยส่วนที่สามารถยึดเกาะกับโพลีแซคคาไรด์ (carbohydrate-binding module) ทำให้เซลลูโลโซมสามารถจับกับพื้นผิวของสับสเตรทได้ ช่วยให้กลุ่มเอนไซม์หน่วยย่อยเข้าไปใกล้ชิดสับสเตรท ส่งผลให้เอนไซม์ทำงานได้ดีขึ้นและเกิดการย่อยสลายสารลิกโนเซลลูโลสได้อย่างสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ โดยส่วนใหญ่ เซลลูโลโซมถูกผลิตขึ้นจากจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เจริญภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic microorganisms) เช่น *C. thermocellum C. cellulovorans C. josui* และ *C. cellulolyticum*

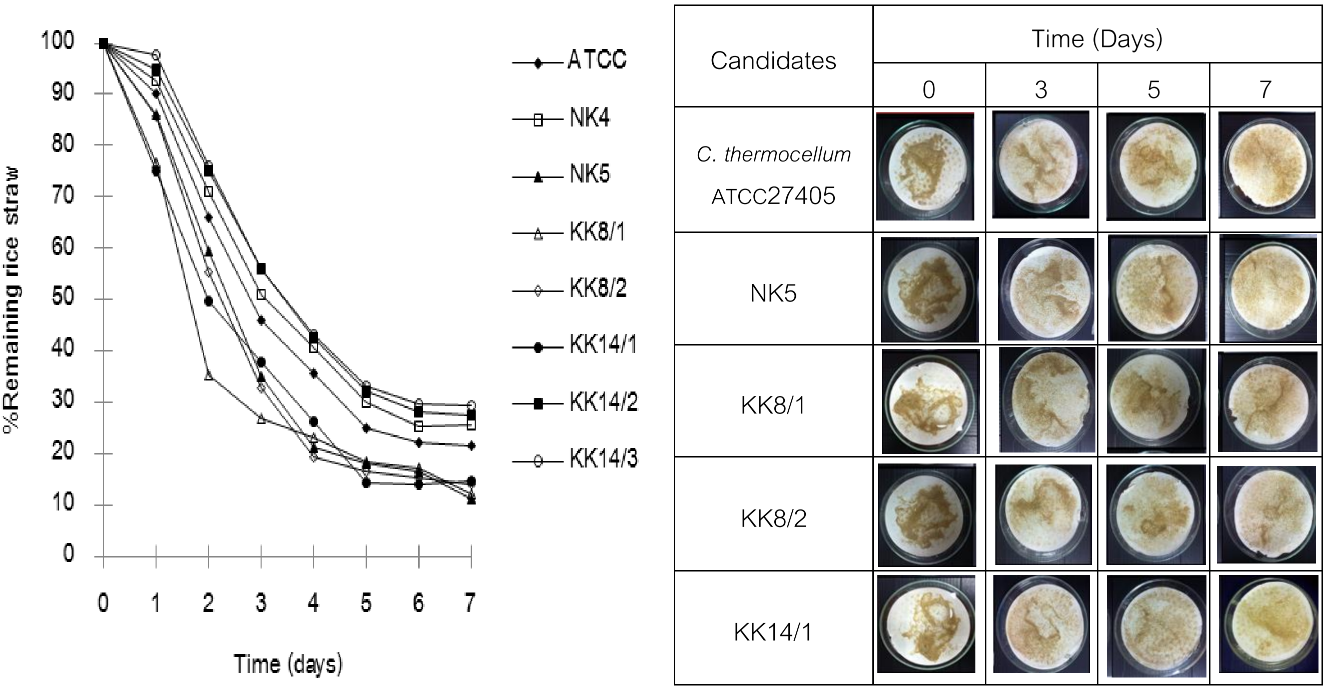
นอกจากนี้ในกระบวนการเปลี่ยนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการโดยการใช้จุลินทรีย์หรือเอนไซม์นั้น กระบวนการผลิตส่วนใหญ่มีการควบคุมที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้เนื่องจากเพื่อเพิ่มความสามารถในการละลายของสารอินทรีย์ นอกจากนี้ยังส่งผลต่ออัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้นเนื่องจากความหนืด ความหนาแน่น แรงตึงผิวของสารลดลง และการแพร่กระจายของสับสเตรทมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ผลผลิตที่ได้เพิ่มสูงขึ้น และยังช่วยลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการซึ่งส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (mesophiles) ด้วย (Becker, 1997) ดังนั้นในงานวิจัยนี้สนใจคัดเลือกและแยกแบคทีเรียชนิดชอบร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญที่สามารถผลิตเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายฟางข้าว เพื่อให้ได้แบคทีเรียและเอนไซม์ที่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลจากฟางข้าว เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ยา และการผลิตพลังงานทดแทน เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บตัวอย่างดินจากแหล่งต่างๆของประเทศไทย ได้แก่ พื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (KM), เขตบางขุนเทียน (BT), ชัยภูมิ (CP), ขอนแก่น(KK), เลย (Le), นครปฐม (NK), ปทุมธานี (PT), เพชรบุรี (PB), และสุพรรณบุรี (SP) จำนวน 298 ตัวอย่าง จากนั้นทำการบ่มตัวอย่างดินในอาหาร basal medium (BM) (Tachaapaikoon และคณะ, 2012) ควบคุมพีเอชเท่ากับ 7.0 ที่มีฟางข้าวร้อยละ 1 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นแหล่งคาร์บอน บ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน เป็นเวลา 2-3 วัน ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างดินที่มีความสามารถในการย่อยสลายฟางข้าวได้มาเลี้ยงต่อ โดยการถ่ายเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ BM7 ที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน (ทำซ้ำ 2-3 รอบ) จากนั้นทำการคัดแยกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายฟางข้าวด้วยเทคนิค roll tube (Tachaapaikoon และคณะ, 2012) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ BM7 ที่มีเซลลูโลสเป็นแหล่งคาร์บอนและมีผงวุ้นร้อยละ 1.5 ทำการคัดเลือกโคโลนีที่มีความสามารถในการย่อยสับสเตรทได้ดี โดยดูจากขนาดของ clear zone ที่เกิดขึ้นโคโลนีที่มี clear zone ขนาดใหญ่จะถูกเลือกและนำมาถ่ายลงในอาหารเลี้ยงเชื้อต่อไป หลังจากนั้นทำการตรวจสอบความสามารถในการย่อยสลายฟางข้าวของแบคทีเรียที่คัดแยกได้ โดยเปรียบเทียบกับ *C. thermocellum* ATCC27405 แบคทีเรียที่มีอัตราการย่อยสลายฟางข้าวสูงกว่า ATCC27405 จะถูกนำมาคัดแยกให้เป็นจุลินทรีย์สายพันธุ์บริสุทธิ์อีกครั้งด้วยวิธี roll tube โดยใช้น้ำตาลเซลโลไบโอสเป็นแหล่งคาร์บอน ทำซ้ำจนกระทั่งได้โคโลนีที่มีลักษณะเดียวกันและมีความสามารถในการย่อยสลายฟางข้าวได้ดี จากนั้นทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ของแบคทีเรียที่คัดแยกได้โดยเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA โดยใช้ฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม BLAST ของ National Center of Biotechnology Information databases (NCBI databases)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการคัดแยกแบคทีเรียจากตัวอย่างดินในแหล่งต่างๆ ของประเทศไทยจำนวน 298 ตัวอย่าง ทำการบ่มในอาหาร BM ควบคุมพีเอชเท่ากับ 7.0 มีฟางข้าวร้อยละ 1 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นแหล่งคาร์บอน บ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน เป็นเวลา 2-3 วัน สามารถคัดแยกแบคทีเรียได้ทั้งหมด 15 isolates ที่มีความสามารถในการย่อยฟางข้าวได้ดี และเมื่อทำแบคทีเรียให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค roll tube โดยการใช้เซลลูโลสและน้ำตาลเซลโลไบโอสเป็นแหล่งคาร์บอน สามารถคัดเลือกแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์ที่สามารถย่อยฟางข้าวได้ดีจำนวน 7 สายพันธุ์ คือ NK4 NK5 KK8/1 KK8/2 KK14/1 KK14/2 และ KK14/3 และเมื่อตรวจสอบความสามารถในการย่อยสลายฟางข้าวของแบคทีเรียที่คัดแยกได้ โดยการตรวจวัดปริมาณฟางข้าวที่ลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นระยะเวลา 7 วัน เปรียบเทียบกับแบคทีเรียสายพันธุ์มาตรฐาน *C. thermocellum* ATCC27405 พบว่า แบคทีเรียที่มีความสามารถสูงในการย่อยสลายฟางข้าวจำนวน 4 สายพันธุ์คือ NK5 KK8/1 KK8/2 และ KK14/1 ดังแสดงใน Figure 1 โดยแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์นี้มีความสามารถในการย่อยฟางข้าวได้เร็วกว่า ATCC27405 ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณของฟางข้าวที่ลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากทำการเลี้ยงจุลินทรีย์ในอาหารช่วงเวลา 4 วันแรก ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากแบคทีเรียบริสุทธิ์แต่ละชนิดสามารถผลิตเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารลิกโนเซลลูโลสได้ และมีอัตราการนำน้ำตาลไปใช้แตกต่างกัน

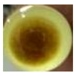
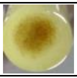


A B

Figure 1 Time course of residual rice straw of *C. thermocellum* ATCC27405 and various isolates cultures

จากการตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ที่ผลิตจากแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์คือ NK5 KK8/1 KK8/2 และ KK14/1 พบว่า มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูเลสที่ 0.99 0.86 0.82 และ 1.38 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน และมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสที่ 14.65 13.80 11.86 และ 10.47 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ ซึ่งมีค่ากิจกรรมที่สูงกว่า ATCC27405 และแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ที่คัดแยกได้สามารถผลิตรงควัตถุที่แตกต่างกันดังแสดงใน Table 1 และจากการพิสูจน์เอกลักษณ์ของแบคทีเรียที่คัดแยกได้โดยการเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA โดยใช้ฐานข้อมูลโปรแกรม BLAST ของ NCBI databases พบว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ NK5 มีความคล้ายคลึงกับ *C. caenicola* ร้อยละ 94 และสายพันธุ์ KK8/1 KK8/2 และ KK14/1 มีความคล้ายคลึงกับ *C. thermocellum* ร้อยละ 99 ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Differential characteristics and identification of various isolated anaerobic bacterium

Isolates	Remaining Rice straw	Specific Activity (U/mg protein)		Pigment	16s rRNA gene sequencing
		CMCase	Xylanase		
C.thermocellum ATCC27405		0.77	9.22	Yellow	
NK5		0.99	14.65	Cream	94% *C.caenicola*
KK8/1		0.86	13.80	Tan yellow	99% *C.thermocellum*
KK8/2		0.82	11.86	Bright yellow	99% *C.thermocellum*
KK14/1		1.38	10.47	Tan yellow	99% *C.thermocellum*

สรุปผล

การคัดแยกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายฟางข้าวจากตัวอย่างดินในแหล่งต่างๆ ของประเทศไทยจำนวน 298 ตัวอย่าง พบแบคทีเรียจำนวน 4 สายพันธุ์คือ NK5 KK8/1 KK8/2 และ KK14/1 ที่มีความสามารถสูงในการย่อยสลายฟางข้าว เป็นแบคทีเรียชนิดชอบร้อนและไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญ และจากการพิสูจน์เอกลักษณ์ของแบคทีเรียที่คัดแยกได้โดยเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA โดยใช้ฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม BLAST ของ NCBI databases พบว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ NK5 มีความคล้ายคลึงกับ *C. caenicola* ร้อยละ 94 และสายพันธุ์ KK8/1 KK8/2 และ KK14/1 มีความคล้ายคลึงกับ *C. thermocellum* ร้อยละ 99

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น

เอกสารอ้างอิง

Bayer, E.A., Belaich, J.P., Shoham, Y. and Lamed, R., 2004, The Cellulosomes: Multienzyme Machines for Degradation of Plant Cell Wall Polysaccharides, Annual Review of Microbiology., 58: 521-554.

Bayer, E.A., Lamed, R. and Himmel, M.E., 2007, The Potential of Cellulases and Cellulosomes for Cellulosic Waste Management, Current Opinion in Biotechnology, 18: 237-245,

Becker, P., 1997, Determination of the Kinetic Parameters During Continuous Cultivation of the Lipase Producing Thermophile *Bacillus* sp. IHI-91 on Olive Oil, Applied Microbiology and Biotechnology, 48: 184-190.

Doi, R.H. and Kosugi, A., 2004, Cellulosomes: Plant-cell-wall-degrading Enzyme Complexes, Nature Reviews Microbiology, 2: 541-551.

Tachaapaikoon, C., Kosugi, A., Pason, P., Waeonukul, R., Ratanakhanokchai, K., Kyu, K.L., Arai, T., Murata, Y., and Mori, Y., 2012, Isolation and Characterization of a New Cellulosome-producing *Clostridium thermocellum* Strain, Biodegradation, 23: 57-68.

Waeonukul, R., Kosugi, A., Tachaapaikoon, C., Pason, P., Ratanakhanokchai, K., Prawitwong, P., Deng, L., Saito, M. and Mori Y., 2012, Efficient Saccharification of Ammonia Soaked Rice Straw by Combination of *Clostridium thermocellum* Cellulosome and *Thermoanaerobacter brockii* β-glucosidase, Bioresource Technology, 107: 352-357.

Zhang, J., Wu, J., Cao, Y., Sang, S., Zhang, J. and He, J., 2009, Synthesis of Cellulose Benzoates under Homogeneous Conditions in an Ionic Liquid, Cellulose, 16: 299-308.

การปรับสภาพฟางข้าวด้วยด่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายด้วยเอนไซม์

Alkaline Pretreatment of Rice Straw for Enhanced Enzymatic Saccharification

พิชญ์สินี วีระไวทยะ[1] กนก รัตนะกนกชัย[1] รัตติยา แววนุกูล[2] จักรกฤกษณ์ เตชะอภัยคุณ[2] อากิฮิโกะ โคซูกิ[3] และ ภัทรา ผาสอน[2]

Viravaidya, P.[1], Ratanakhanokchai, K.[1], Waeonukul, R.[2], Tachaapaikoon, C.[2], Kosugi, A.[3] and Pason, P.[2]

Abstract

Rice straw, the large amount of agricultural residue in Thailand, predominantly contains cellulose and hemicellulose that can be hydrolyzed to simple sugar (glucose and xylose), a precursor in the production of high value substances such as ethanol or organic acids. In addition, pretreatment technologies are requires for efficient utilization of lignocellulose biomass. In this present study, focus on alkaline pretreatment of rice straw. The result found that alkaline pretreatment rice straw by 10% NH_3 and 10% NaOH at 60°C for 48 h successfully delignified as 38.6 and 77.2 %, respectively. However, 10% NH_3 removed lignin selectively but left most of cellulose (67%) and hemicellulose (18%). Then, pretreated rice straw was applied for the multienzyme complex saccharification by *Paenibacillus curdlanolyticus* B6. Rice straw pretreated enhanced enzymatic digestibility of cellulose and xylan in the solids remaining, resulting in total sugars were increased 0.3-fold and 3.5-flod from rice straw treated with 10% NaOH and 10% NH_3, respectively. Pretreatment of rice straw with 10% NH_3 is an optimal conditions for saccharification and obtained glucose 2.6 g/L and xylose 8.08 g/L by HPLC analysis.

Keywords: rice straw, alkaline pretreatment, multienzyme complex

บทคัดย่อ

ฟางข้าวเป็นเศษวัสดุทางการเกษตรที่มีปริมาณสูงในประเทศไทย ผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส เมื่อย่อยสลายโดยสมบูรณ์ได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (กลูโคสและไซโลส) ซึ่งใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารมูลค่าสูงได้ เช่น เอทานอล หรือ กรดอินทรีย์ต่างๆ อย่างไรก็ตามพบว่าการปรับสภาพวัตถุดิบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายชีวมวลที่มีโครงสร้างแข็งแรงเหล่านี้ได้ งานวิจัยนี้จึงศึกษาการปรับสภาพฟางข้าวด้วยด่างโดยใช้สารละลายแอมโมเนียเข้มข้นร้อยละ 10 และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าสามารถกำจัดลิกนินได้ร้อยละ 38.6 และ 77.2 ตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปรับสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนียเข้มข้นร้อยละ 10 ซึ่งมีความจำเพาะต่อการกำจัดลิกนินแต่ไม่ทำลายเซลลูโลส (ร้อยละ 67) และเฮมิเซลลูโลส (ร้อยละ 18) เมื่อนำฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพไปย่อยด้วยเอนไซม์เชิงซ้อน พบว่าเอนไซม์ย่อยสลายเซลลูโลสและไซแลนได้ดีขึ้น สามารถผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้น 3.5 และ 0.3 เท่าเมื่อทำการปรับสภาพด้วยสารละลายแอมโมเนียเข้มข้นร้อยละ 10 และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 10 ตามลำดับ จากการตรวจวิเคราะห์ด้วย HPLC พบว่าการปรับสภาพฟางข้าวด้วยแอมโมเนียเข้มข้นร้อยละ 10 เหมาะสมที่สุดต่อการย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์เชิงซ้อน สามารถผลิตน้ำตาลกลูโคสได้ 2.6 กรัมต่อลิตร และผลิตน้ำตาลกลูโคสได้ 8.08 กรัมต่อลิตร

คำสำคัญ: ฟางข้าว การปรับสภาพด้วยด่าง เอนไซม์เชิงซ้อน

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49, BangkuntienChaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[2] สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] Pilot Plant Development and Training Institute (PDTI), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), 49, Bangkuntien Chaithale Road, Bangkuntien, Bangkok 10150

[3] ศูนย์ศูนย์วิจัยเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น 1-1 โอวาชิ สึกุบะ อิบะระกิ 303-8686 ญี่ปุ่น

[3] Biological Resources and Post-harvest Division, Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS), 1-1 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 303-8686, Japan.

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมาก โดยเฉพาะฟางข้าวที่มีปริมาณสูงถึง 25 ล้านตันต่อปี ดังนั้นจึงสนใจนำฟางข้าวมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น ฟางข้าวจัดเป็นวัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลส มีโครงสร้างซับซ้อนเกิดจากส่วนประกอบสำคัญ 3 ชนิดคือ เซลลูโลส 30-35% เฮมิเซลลูโลส 25-30% และลิกนิน 8-12% (Matthew, 2000) การนำลิกโนเซลลูโลสมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารมูลค่าสูง เช่น เอทานอล หรือ กรดอินทรีย์ต่างๆ จำเป็นต้องย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสให้อยู่ในรูปของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวก่อนเข้าสู่กระบวนการหมักต่อไป แต่ในกระบวนการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนั้นลิกนินจะเป็นตัวขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ ดังนั้นต้องมีการกำจัดลิกนินออกโดยการปรับสภาพวัตถุดิบ เช่น การใช้ความร้อนและสารเคมี (Ibrahim และคณะ, 2010) การปรับสภาพนอกจากช่วยกำจัดลิกนินออกยังสามารถลดโครงสร้างแบบผลึกของเซลลูโลสลง และช่วยเพิ่มความเป็นรูพรุนของวัตถุดิบทำให้เอนไซม์แทรกซึมเข้าไปทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการศึกษาของห้องปฏิบัติการเอนไซม์เทคโนโลยี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี พบว่า *Paenibacillus curdlanolyticus* B6 ผลิตเอนไซม์เชิงซ้อน (multienzyme complex) ในกลุ่มของไซลาโนไลติกและเซลลูโลไลติก ประกอบด้วยเอนไซม์ไซลาเนสอย่างน้อย 16 ชนิด คาร์บอกซีเมททิลเซลลูเลสอย่างน้อย 9 ชนิด (Pason และคณะ, 2006) ซึ่งเอนไซม์เชิงซ้อนเป็นกลุ่มโปรตีนขนาดใหญ่ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ non-catalytic domain ช่วยทำให้องค์ประกอบทั้งหมดรวมตัวกันด้วยโครงสร้างที่แข็งแรงและส่วน catalytic domains ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายสับสเตรท ซึ่งแต่ละหน่วยย่อยทำงานร่วมกันในการย่อยสลายสับสเตรทอย่างมีประสิทธิภาพ (Bayer และคณะ, 1998; Doi และคณะ, 2003) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงสนใจเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจากฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วยด่างและย่อยสลายด้วยเอนไซม์เชิงซ้อนจาก *P. curdlanolyticus* B6

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมฟางข้าวโดยลดขนาดด้วยเครื่องปั่น จากนั้นนำมาปรับสภาพด้วยด่างชนิดต่างๆ โดยใช้ฟางข้าว 10 กรัม แช่ในสารละลายแอมโมเนียและโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 (ปริมาตร/ปริมาตร) บ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำจนพีเอชเป็นกลาง อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ในฟางข้าวโดยวิธีจาก National Renewable Energy Laboratory (NREL) (2008) จากนั้นทดสอบการย่อยฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ เปรียบเทียบกับฟางข้าวที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ โดยย่อยฟางข้าวร้อยละ 5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ด้วยเอนไซม์เชิงซ้อนจาก *P. curdlanolyticus* B6 (เมื่อใช้เซลลูเลส 1 ยูนิทต่อกรัมฟางข้าว) ที่พีเอช 5.0 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างที่เวลาต่างๆ วิเคราะห์ปริมาณ Total sugar โดยใช้ Phenol-sulfuric และวิเคราะห์ปริมาณและชนิดของน้ำตาลโดยใช้ HPLC

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของฟางข้าวก่อนและหลังการปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ พบว่าฟางข้าวที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ ประกอบด้วย น้ำตาลร้อยละ 77.4 และ ลิกนินร้อยละ 24.6 เมื่อวิเคราะห์ด้วย HPLC พบว่ามีกลูโคสเป็นส่วนประกอบร้อยละ 45.33 และไซโลสร้อยละ 30.1 แสดงดัง Table 1 สังเกตได้ว่าฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และแอมโมเนียเข้มข้นร้อยละ 10 มีปริมาณลิกนินลดลงส่งผลให้มีความบริสุทธิ์ของกลูแคนและไซแลนเพิ่มขึ้น ดังนี้คือ ฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์มีปริมาณ total sugar ร้อยละ 95.0 โดยน้ำหนัก สามารถกำจัดลิกนินได้สูงถึงร้อยละ 77.2 โดยน้ำหนัก รองลงมาคือ ฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วยแอมโมเนียมีปริมาณ total sugar ร้อยละ 86.1 โดยน้ำหนัก สามารถกำจัดลิกนินได้ร้อยละ 38.6 โดยน้ำหนัก

Table 1 Composition of rice straw in different pretreatment conditions

Treatment	Composition of rice straw (%)				
	Total sugar [a]	Remaining lignin	Delignification	Glucose [b]	Xylose [b]
Raw rice straw	77.4	24.6	-	45.33	30.1
10 % ammonia	86.1	15.1	38.6	66.67	18.23
10 % sodium hydroxide	95.0	5.6	77.2	86.33	8.07

When a is Phenol-sulfuric method for total sugar

b is HPLC for fermentable sugar

เมื่อตรวจสอบชนิดของน้ำตาลด้วย HPLC พบว่าฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วยด่างนั้นมีปริมาณกลูโคสเพิ่มขึ้นในขณะที่ไซแลนลดลง เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์กำจัดลิกนินโดยทำลายพันธะเอสเตอร์ที่เชื่อมระหว่างลิกนินกับไซแลนของเฮมิเซลลูโลสสามารถกำจัดลิกนินได้สูงและเฮมิเซลลูโลสบางส่วนได้ดี ทำให้โครงสร้างของวัตถุดิบมีความเป็นรูพรุนเพิ่มขึ้น (Silverstein และคณะ 2007) ส่วนแอมโมเนียนั้นมีความจำเพาะต่อการกำจัดลิกนินมากกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์จึงไม่ทำลายเซลลูโลสและไซแลนทำให้เส้นใยภายนอกถูกกำจัดออกออก ช่วยเปิดโครงสร้างฟางข้าวส่งผลให้พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น ดังนั้นเอนไซม์สามารถแทรกซึมเข้าไปทำงานได้มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสูงขึ้น (Fan และคณะ 1987) จากนั้นนำฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพโดยใช้วิธีต่างๆ มาย่อยด้วยเอนไซม์จาก *P. curdlanolyticus* B6 ที่มีกิจกรรมของเซลลูเลสเท่ากับ 1 ยูนิต/กรัมสับสเตรท ผลแสดง Figure 1

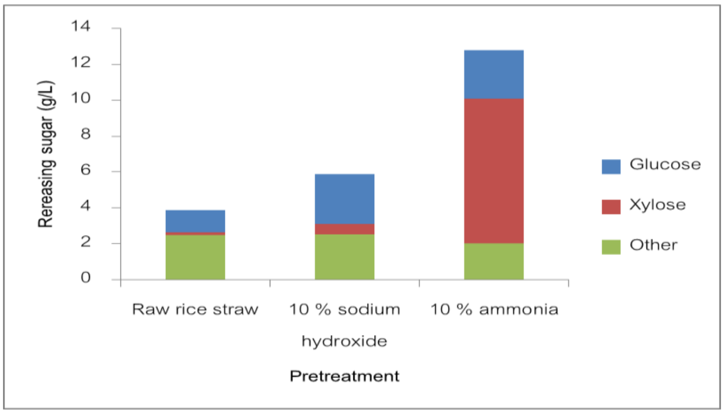


Figure 1 Hydrolysis product of pretreated rice straw by using multienzyme complex from *P. curdlanolyticus* B6

ผลการทดลองพบว่าฟางข้าวที่ไม่ผ่านการปรับสภาพถูกย่อยสลายได้น้อยมาก ในขณะที่ฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพโดยใช้แอมโมเนียให้ปริมาณน้ำตาลปลดปล่อยออกมาสูงที่สุด เมื่อตรวจสอบชนิดของน้ำตาลโดยใช้ HPLC พบว่าประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส 2.70 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร น้ำตาลไซโลส 8.08 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในขณะที่ฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส 2.80 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร น้ำตาลไซโลส 0.56 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าการปรับสภาพฟางข้าวด้วยแอมโมเนียนั้นสามารถผลิตน้ำตาลได้สูงทั้งกลูโคสและไซโลส ในขณะที่การปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์จะกำจัดไซแลนออกไปด้วย น้ำตาลส่วนใหญ่จึงประกอบด้วยกลูโคส อย่างไรก็ตามน้ำตาลที่เกิดขึ้นจากฟางข้าวนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการหมักสารมูลค่าสูงต่อไปได้

สรุปผล

การผลิตน้ำตาลด้วยการย่อยสลายฟางข้าวโดยใช้เอนไซม์จาก *P. curdlanolyticus* B6 พบว่าด่างช่วยกำจัดลิกนินในฟางข้าวได้ดี โดยเฉพาะฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วยแอมโมเนียเข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งสามารถผลิตน้ำตาลได้เพิ่มสูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ 3.5 เท่า (น้ำตาลทั้งหมด 12.78 กรัมต่อลิตร) โดยน้ำตาลที่เกิดจากการย่อยนี้ประกอบด้วยกลูโคสและไซโลสปริมาณสูง ในขณะที่การปรับสภาพฟางข้าวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง มีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเล็กน้อย 0.3 เท่า แต่น้ำตาลส่วนใหญ่เป็นกลูโคส สรุปว่าการปรับสภาพฟางข้าวด้วยด่างสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ได้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในอนาคต

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดินหมวดเงินอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2555-2556 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ร่วมกับโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.)

เอกสารอ้างอิง

Bayer, E.A., Chanzyt, H., Lamed, R. and Shoham, Y., 1998, Cellulose, Cellulases and Cellulosomes, Current Opinion in Structural Biology, 8(5): 548-557.

Doi, R.H., Kosugi, A., Murashima, K., Tamaru, Y. and Han, S.O., 2003, Cellulosomes from Mesophilic Bacteria, Journal of Bacteriology, 185(20): 5907–5914.

Fan, L.T., Gharpuray, M.M., Lee, Y-H., 1987, Cellulose hydrolysis. Springer-Verlag berlin, Heidelberg. London.

Ibrahim, M.M, Zawawy-EI, K.W., Fattah- Abdel, R.Y., Soliman, A.N. and Agblevor, A.F., 2010, Comparison of alkaline pulping with steam explosion for glucose production from rice straw, Carbohydrate Polymers, 83: 720–726

Matthew, D.S., 2000, Fundamental Properties of Rice Straw in Comparison with Softwoods, ESPM 286, Forest Products Laboratory Document, University of California.

NREL, 2008, Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass. Laboratory Analytical Procedure. Golden, CO: NREL.

Pason, P., Kyu, K.L., and Ratanakhanokchai, K., 2006, *Paenibacillus curdlanolyticus* Strain B-6 Xylanolytic-cellulolytic Enzyme System That Degrades Insoluble Polysaccharides, Applie and environmental microbiology, 72(4): 2483–2490

Silverstein, R.A., Chen, Y., Sharma-Shivappa, R.R., Boyette, M.D., Osborne, J., 2007, A Comparison of Chemical Pretreatment Methods for Improving Saccharification of Cotton Stalks, Bioresource Technology, 98(16), November 2007: 3000–3011

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 173-176 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 173-176 (2556)

พรรณไม้ลูกผสมข้ามชนิดในสกุลมหาพรหมวงศ์กระดังงา

The Interspecific Hybrid Plants in Genus *Mitrephora* of Annonaceae Family

อนันต์ พิริยะภัทรกิจ[1] ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์[2] เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์[2] ปิยะ เฉลิมกลิ่น[3] และธานี ศรีวงศ์ชัย[4]

Piriyaphattarakit, A.[1] Taychasinpitrk, T.[2] Wongchaochant, S.[2] Chalermglin, P.[3] and Sreewongchai, T.[4]

Abstract

The morphology of hybrid plants (MK x MS), development of flowers and fruits which are *Mitrephora* genera included two species such as *Mitrephora keithii* Ridl. and *Mitrephora sirikitiae* Weerasooriya, Chalermglin & R.M.K.Sauders were studied at Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) in Technopolis, Pathum Thani province from 2012 to 2013. The results showed that *M. keithii* had small leaves and smooth on both sides. The floral bud is only on the opposite side of the leaf axial and it had more flowers. The *M. sirikitiae* had larger size, dark green leaves and the flower is the largest size. The optimum time for pollination is in the morning on the first day of flowering. The period of releasing the pollen after blooming was 2 days. The durational time on the pollination and the germination rate of the seeds between *M.* hybrid and *M. keithii* were not difference. The height of hybrid seedlings was 3 cm. at one month of age and growing consistently and continuously similar to the *M. keithii* and *M. sirikitiae*. At the age of one year, the *M.* hybrid seedlings have average height of 80 cm. They were the same dark green leaves and dominant reticular veins as the *M. sirikitiae*. But the leaves were smaller and sharper than the other. The characteristics of genetic of *M.* hybrids were similar to *M. sirikitiae* than the *M. keithii*.

Keywords: *Mitrephora*, Annonaceae, hybrid

บทคัดย่อ

ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพรรณไม้ลูกผสม (กลาย x มหาพรหมราชินี) รวมทั้งพัฒนาการของดอกและผลของกลายและมหาพรหมราชินี ที่อยู่ในสกุลมหาพรหมวงศ์ของกระดังงา ทำการทดลองที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) เทคโนธานี จ.ปทุมธานี ตั้งแต่ พ.ศ. 2555 - 2556 พบว่า กลายมีใบขนาดเล็ก ผิวใบเรียบเป็นมันทั้งสองด้าน ดอกดกออกตรงข้ามใบ มีจำนวนดอกต่อกิ่งมากและบานเร็ว ส่วนมหาพรหมราชินีมีใบขนาดใหญ่สีเขียวเข้มเส้นใบชัดเจน ดอกออกน้อยกว่ากลาย แต่มีขนาดใหญ่กว่า เกสรเพศเมียของกลายและมหาพรหมราชินีพร้อมรับการผสมในช่วงเช้าวันแรกที่ดอกบาน ส่วนเกสรเพศผู้ปลดปล่อยละอองเรณูภายหลังดอกบาน 2 วัน อัตราการผสมติด ระยะเวลาที่ผลแก่ และอัตราการงอกของเมล็ดลูกผสมของกลายและมหาพรหมราชินีไม่แตกต่างกัน หลังจากเมล็ดลูกผสมงอกอายุ 1 เดือน ต้นกล้ามีความสูงเฉลี่ย 3 เซนติเมตร จากนั้นมีการเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องเช่นเดียวกับกลายและมหาพรหมราชินี เมื่ออายุ 1 ปี ต้นกล้ามีความสูงเฉลี่ย 80 เซนติเมตร ลักษณะโครงสร้างใบและเส้นใบเป็นร่างแหชัดเจน ใบสีเขียวเข้มเป็นมันเหมือนมหาพรหมราชินี แต่มีขนาดเล็กและเรียวแหลมกว่า เมื่อตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรมพบว่าลูกผสมเหมือนกับมหาพรหมราชินีมากกว่ากลาย

คำสำคัญ: มหาพรหม วงศ์กระดังงา ลูกผสม

[1] สาขาเกษตรเขตร้อน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Tropical Agriculture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[3] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[3] Thailand Institute of Scientific and Technological Research. 35 Mu 3. Technopolis, Khlongha, Khlongluang, Pathumthani 12120

[4] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[4] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

พรรณไม้วงศ์กระดังงา (Annonaceae) เป็นไม้ต้น ไม้พุ่ม และไม้เถาเนื้อแข็ง (Becker และ Brink, 1963) ใบเดี่ยวเรียงสลับ 2 ข้างในระนาบเดียวกัน (Kessler, 1993) ดอกเดี่ยว ออกบริเวณปลายกิ่ง ยอด ตรงข้ามใบ หรือซอกใบ กลีบเลี้ยง 3 กลีบ กลีบดอก 6 กลีบ เรียงกันอยู่ 2 ชั้น เกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียจำนวนมาก ผลกลุ่ม นิยมนำมาปลูกเลี้ยง เนื่องจากดอกสวยและกลิ่นหอม อาทิเช่น พรรณไม้ในสกุล *Mitrephora* ได้แก่ กลาย (*Mitrephora keithii* Ridl.) เป็นพรรณไม้ที่มีทรงพุ่มขนาดเล็กที่สุดในสกุล *Mitrephora* ใบเดี่ยวเรียงสลับ แผ่นใบเกลี้ยงเป็นมันทั้งสองด้าน ดอกเดี่ยว กลีบชั้นนอกสีเหลือง ผลย่อยรูปทรงกระบอก เมล็ดกลม ออกดอกตลอดปี (ปิยะ, 2544) และอีกชนิดหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยม คือ มหาพรหมราชินี (*Mitrephora sirikitiae* Weerasooriya, Chalermglin & R.M.K.Sauders) เป็นไม้พุ่ม ใบขนาดใหญ่ เส้นใบชัดเจน ดอกเดี่ยวขนาดใหญ่ที่สุดในสกุล *Mitrephora* (Weerasooriya และคณะ, 2004) กลีบดอกชั้นนอกสีขาว ชั้นในสีแดงเข้ม

ปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์พืชในวงศ์กระดังงามีเพียงการผสมในพืชสกุลน้อยหน่า (Genus *Annona*) เป็นพืชสกุลที่รับประทานผลสุก และเป็นไม้ผลเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง (เรืองศักดิ์, 2547) ส่วนพรรณไม้ในสกุลอื่นๆ ที่ดอกมีกลิ่นหอมหรือเป็นไม้พุ่มประดับสวยงาม มีการพัฒนาพันธุ์อยู่ในวงจำกัด ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาการสร้างลูกผสมข้ามชนิด ในสกุล *Mitrephora* วงศ์กระดังงา เพื่อให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพ ได้ลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในแต่ละด้าน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำพรรณไม้สกุล *Mitrephora* วงศ์กระดังงา จำนวน 2 ชนิด คือ กลาย (*Mitrephora keithii*) (MK) และมหาพรหมราชินี (*Mitrephora sirikitiae*) (MS) ปลูกที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) เทคโนธานี จ. ปทุมธานี บันทึกข้อมูลทางสัณฐานวิทยา และพัฒนาการของดอก ช่วงเวลาที่เหมาะต่อการผสมเกสร ศึกษาความสามารถในการผสมข้ามชนิด โดยใช้กลายเป็นต้นแม่พันธุ์ และมหาพรหมราชินีเป็นต้นพ่อพันธุ์ รวมทั้งการเจริญเติบโตของผลภายหลังการผสมติดจนกระทั่งผลแก่ อัตราการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโต ลักษณะของลูกผสม และตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรมพืช (DNA) ด้วยเทคนิค AFLP

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา พบว่า พรรณไม้สกุล *Mitrephora* ทั้ง 2 ชนิด ออกดอกบริเวณตรงข้ามใบ ส่วนตำแหน่งการออกดอกตามกิ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่ากลายมีจำนวนดอกต่อช่อมากว่า เฉลี่ย 2.84 ดอก จึงส่งผลให้มีจำนวนดอกต่อกิ่งมากกว่ามหาพรหมราชินี เฉลี่ย 11.54 ดอก เมื่อวัดขนาดของดอก พบว่า มหาพรหมราชินีมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก เฉลี่ย 7.10 เซนติเมตร ส่วนกลายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก เฉลี่ย 3.82 เซนติเมตร สอดคล้องกับรายงานของปิยะ (2554) ซึ่งกล่าวไว้ว่าดอกของมหาพรหมราชินีมีขนาดใหญ่ที่สุดในสกุลมหาพรหม

พัฒนาการของดอก พบว่า กลายมีระยะเวลาตั้งแต่ตาดอกถึงดอกบาน เฉลี่ย 42.80 วัน ส่วนมหาพรหมราชินีมีระยะเวลานานกว่า เฉลี่ย 63.50 วัน เมื่อดอกบานเต็มที่มีระยะเวลาการบานไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 3.35 วัน (Figure 1) ส่วนช่วงเวลาที่เกสรเพศเมียพร้อมรับการผสม คือ เวลา 06.00-09.40 น. ในวันแรกที่ดอกบาน สำหรับเกสรเพศผู้จะปลดปล่อยละอองเรณูภายหลังดอกบานแล้ว 2 วัน ช่วงเวลาตั้งแต่ 07.00-15.30 น. สอดคล้องกับรายงานของ Rey (2002) และวัฒนาและคณะ (2514) พบว่า ดอกของน้อยหน่าสายพันธุ์ต่างๆ มีช่วงพัฒนาการก่อนดอกบานประมาณ 50 – 55 วัน เริ่มปลดปล่อยละอองเรณูภายหลังดอกบานแล้ว 2 – 3 วัน

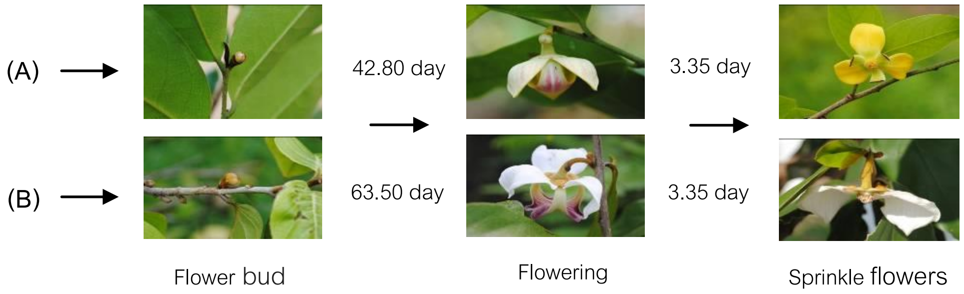


Figure 1 Average growth of flowers for Flower bud, flowering and sprinkle flowers of *M. keithii*. (A) and *M. sirikitiae*. (B) at different stages

การผสมเกสรข้ามชนิด โดยใช้กลาย (แม่) ผสมกับมหาพรหมราชินี (พ่อ) พบว่า อัตราการผสมติด เฉลี่ย 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการผสมตัวเองในกลายและมหาพรหมราชินี มีอัตราการผสมติดมากกว่าและไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 25 และ 24.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระยะเวลาการเจริญเติบโตของผลภายหลังการผสมติด ตั้งแต่ระยะผลอ่อนถึงผลแก่ พบว่า ผลของกลายและลูกผสม มีระยะเวลาไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 75 และ 79 วัน ตามลำดับ ส่วนมหาพรหมราชินีมีระยะเวลาการพัฒนาของผลยาวนานที่สุด เฉลี่ย 105 วัน

ระยะเวลาและอัตราการงอกของเมล็ด พบว่า เมล็ดกลายงอกเร็วที่สุด รองลงมาคือ ลูกผสม ส่วนมหาพรหมราชินีใช้ระยะเวลางอกนานที่สุด เฉลี่ย 65, 90 และ 120 วัน ตามลำดับ ระยะเวลาดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ สุพัตรา และคณะ (2553) ได้ทำการเพาะเมล็ดกลายที่เก็บจากธรรมชาติ ใช้ระยะเวลาในการงอก ประมาณ 45 – 86 วัน ส่วนอัตราการงอกของเมล็ดกลายและลูกผสม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 20 เปอร์เซ็นต์ มหาพรหมราชินี มีอัตราการงอกของเมล็ดต่ำที่สุด เฉลี่ย 5 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2)

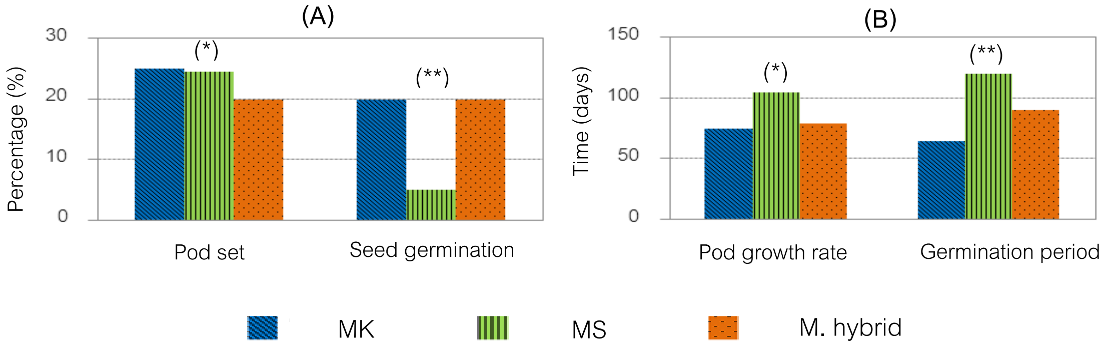


Figure 2 Percentage of pod set and seed germination rate (A), Fruit growth rate and Germination period (B) of *M. keithii*. and *M. sirikitiae*. and *M.* hybrid

การเจริญเติบโตของลูกผสม (กลาย x มหาพรหมราชินี) พบว่า ภายหลังการงอกต้นกล้ามีใบเลี้ยงจำนวน 2 ใบ ความสูงเฉลี่ย 3 เซนติเมตร เริ่มผลิใบใหม่เมื่ออายุ 30 วัน ความสูงของลำต้นเฉลี่ย 5 เซนติเมตร เริ่มแตกกิ่งใหม่ครั้งแรกเมื่ออายุ 90 วัน ความสูงเฉลี่ย 14 เซนติเมตร สำหรับต้นกล้าอายุ 210 วัน ความสูงเฉลี่ย 30 เซนติเมตร หลังจากนั้นต้นลูกผสมมีการเจริญเติบโตเร็วและต่อเนื่อง เช่นเดียวกับต้นกล้าของกลายและมหาพรหมราชินี เมื่ออายุ 360 วัน ความสูงเฉลี่ย 85 เซนติเมตร (Figure 3)

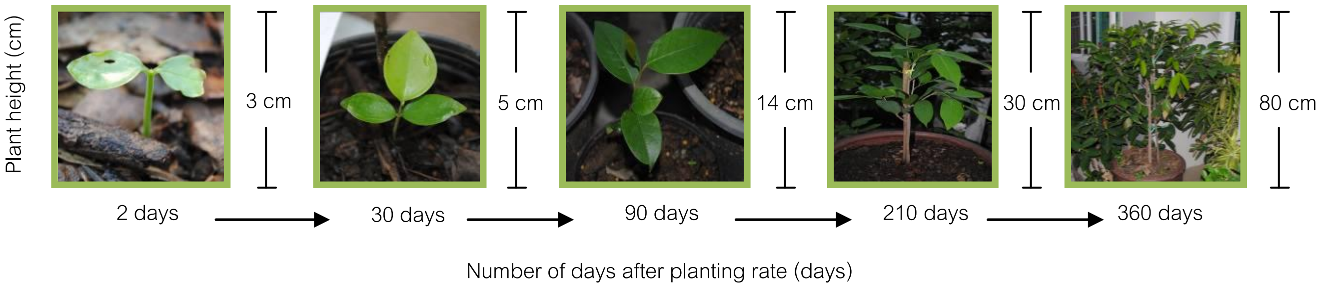


Figure 3 Growth rate of *M.* hybrid in different timeframes

ลักษณะโครงสร้างและขนาดใบของลูกผสม พบว่า ใบของต้นลูกผสมสีเขียวเข้มมองเห็นเส้นใบชัดเจนเช่นเดียวกับมหาพรหมราชินี แต่ปลายใบเรียวแหลมกว่า และแตกต่างจากใบของกลายซึ่งมีลักษณะใบเรียบเป็นมันทั้งสองด้าน เส้นใบน้อยไม่ชัดเจน เมื่อวัดเส้นผ่านศูนย์กลางใบของมหาพรหมราชินี มีขนาดใหญ่ที่สุด รองลงมาคือ ลูกผสม ส่วนกลายใบมีขนาดเล็กที่สุด ความกว้างและความยาวใบ เฉลี่ย 8 x 23, 5.7 x 18 และ 5 x 13 เซนติเมตร ตามลำดับ (Figure 4)

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมพืช (DNA) ด้วยเทคนิค AFLP โดยใช้ไพรเมอร์ทั้งหมด 21 คู่ พบว่า จำนวน 4 คู่ไพร์เมอร์ บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของจีโนไทป์แม่ พ่อ และลูกผสม นอกจากนี้ยังพบว่า ไพร์เมอร์ทั้ง 4 คู่ มีจำนวนแถบดีเอ็นเอ 10 แถบ เหมือนกับสายพันธุ์แม่ และจำนวน 24 แถบ เหมือนกับสายพันธุ์พ่อ (Figure 5) สอดคล้องกับลักษณะโครงสร้างใบของลูกผสมที่มีสัณฐานใกล้เคียงกับมหาพรหมราชินีมากกว่ากลาย

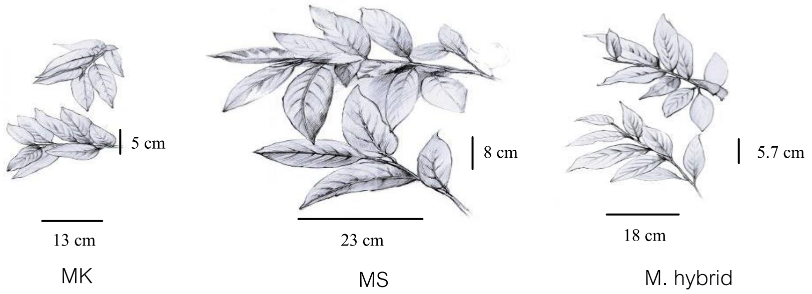


Figure 4 Structural leaves of *M. keithii*., *M. sirikitiae*. and *M*. hybrid

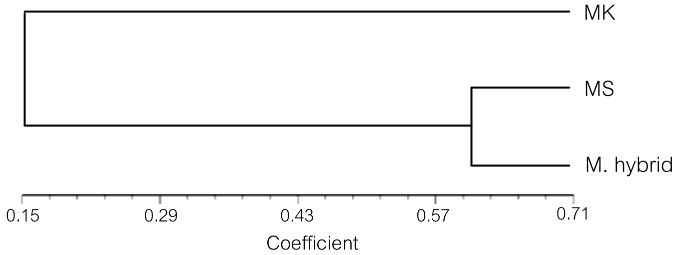


Figure 5 Phylogenetic of *M. keithii*., *M. sirikitiae*. and *M*. hybrid the analysis of program UPGMA by applying AFLP

สรุปผล

กลายและมหาพรหมราชินีดอกออกตรงข้ามใบ กลายมีจำนวนดอกต่อกิ่งมากและระยะเวลาการบานของดอกเร็วกว่าส่วนมหาพรหมราชินีดอกมีขนาดใหญ่ เมื่อดอกบานเต็มที่มีอายุเฉลี่ย 3.35 วัน ก่อนที่ดอกจะร่วงโรย เกสรเพศเมียพร้อมรับการผสมช่วงเช้าวันแรกที่ดอกบาน ตั้งแต่เวลา 06.00 – 09.45 น. ภายหลังดอกบาน 2 – 3 วัน เกสรเพศผู้จะเริ่มปลดปล่อยละอองเรณู การผสมเกสรข้ามชนิดโดยใช้กลาย (แม่) x มหาพรหมราชินี (พ่อ) มีอัตราการผสมติด เฉลี่ย 20 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าการผสมตัวเอง ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มติดผลกระทั่งผลแก่ของลูกผสม เฉลี่ย 79 วัน อัตราการงอกของเมล็ด เฉลี่ย 20 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลางอก เฉลี่ย 90 วัน หลังจากที่เมล็ดงอกมีความสูงของลำต้นเดือนแรก 3 เซนติเมตร และเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง เริ่มแตกกิ่งแรกอายุ 90 วัน ความสูงเฉลี่ย 14 เซนติเมตร เมื่ออายุ 1 ปี มีความสูงเฉลี่ย 85 เซนติเมตร ใบของต้นลูกผสมสีเขียวเข้มมองเห็นเส้นใบชัดเจนเช่นเดียวกับมหาพรหมราชินี แต่ปลายใบเรียวแหลมกว่า และแตกต่างจากใบของกลายซึ่งมีลักษณะใบเรียบเป็นมันทั้งสองด้าน ลักษณะทางพันธุกรรมพืช (DNA) ในลูกผสมเหมือนกับมหาพรหมราชินีมากกว่ากลาย

เอกสารอ้างอิง

ปิยะ เฉลิมกลิ่น, 2544, พรรณไม้วงศ์กระดังงา, บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

ปิยะ เฉลิมกลิ่น, 2554, 100 ชนิด พรรณไม้วงศ์กระดังงาแสนสวย, ห้างหุ้นส่วนจำกัด วุฒิพันธ์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เรืองศักดิ์ กมขุนทด และฉลองชัย แบบประเสริฐ, 2547, การปรับปรุงพันธุ์ไม้ผลสกุลน้อยหน่า, เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 497-505.

วัฒนา เสถียรสวัสดิ์ และผาณิต ไทยเจริญ, 2514, การศึกษาทางชีววิทยาของดอกและพัฒนาการของผลน้อยหน่าพันธุ์ฝ้าย, รายงานการประชุมวิชาการเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 10, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 717 – 729.

สุพัตรา ลิมปิยประพันธ์ จินตนา พบรรตพต สุจิตรา จางตระกูล และสุพร พลพันธ์, 2553, การขยายพันธุ์พืชป่าหายากและใกล้สูญพันธุ์บางชนิดในกลุ่มป่าแก่งกระจาน, รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย, สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช, กรมอุทยานพันธุ์พืช.

Becker, C.A. and Brink, B.V.D., 1963, Annonaceae. *Fl*. Java. Vol.1, pp. 100 – 116.

Kessler, P.J.A., 1993, Annonaceae, *In* Kubitzki, K., Rohwer J.G. and Bittrich, V. The families and genera of vascular plants, flowering plant: Dicotyledons. Spinger-Verlag, Berlin, 2:93-129.

Ray, P.K., 2002., Breeding tropical and subtropicalf, Springer Verlag, Berlin, 338 pp.

Weerasooriya, A.D., Chalermglin, P. and Saunders, R.M.K., 2004, *Mitrephora sirikitiae* (Annonaceae): a remarkable new species endemic to northern Thailand, Nordic Journal of Botany, 24:201-206.

การตอบสนองต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของข้าวจากประชากร CSSL ในภาวะเครียดที่เกิดจากความเค็ม

Photosynthetic Responses of Rice Obtained from CSSL Population in Salt Stress

พนิตา ชุติมานุกูล[1] ศุภจิตรา ชัชวาลย์[1] ธีรพงษ์ บัวบูชา[2] มีชัย เซี่ยงหลิว[3] ธีรยุทธ ตู้จินดา[3] อัญชลี ใจดี[1] และ บุญธิดา โฆษิตทรัพย์[1]

Chutimanukul, P.[1], Chadchawan, S.[1], Buaboocha, T.[2], Siangliw, M.[3], Toojinda, T.[3], Chaidee, A.[1] and Kositsup, B.[1]

Abstract

Some physiological responses to salt stress condition in chromosomal segment substitution line (CSSL) containing the expected salt tolerant gene(s) on chromosome 1 between RM212 and RM3362 markers were evaluated together with Khao Dok Mali 105, genetic background standard line, DH212, the expected salt tolerant gene(s) donor, Pokkali and IR29, the salt tolerant and salt sensitive checked lines, respectively. CSSL11 showed the highest potential to be salt tolerant line as it had the significant higher A_{max}, g_s and T than those of KDML105 after 12 and 18 days of salt stress. Moreover, all CSSL, except CSSL26, had the significant higher A_{max} than KDML105 after 18 days of salt stress. These suggested that the chromosome region between RM212 and RM3362 markers had the gene(s) involving in photosynthesis adaptation during salt stress.

Keywords: photosynthesis, *Oryza sativa* L., KDML105, salt stress

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการประเมินการตอบสนองทางสรีรวิทยาบางประการต่อภาวะเค็มในข้าวที่ได้รับการแทนที่บางส่วนจากโครโมโซม (CSSL) ที่ 1 ที่คาดว่ามียีนทนเค็มที่อยู่ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุล RM212 และ RM3362 โดยทำการประเมินร่วมกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) ซึ่งเป็นพันธุ์มาตรฐานของพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวกลุ่มประชากรนี้ ข้าวสายพันธุ์ DH212 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ให้ยีนทนเค็มจากโครโมโซมที่ 1 พันธุ์ Pokkali และพันธุ์ IR29 ซึ่งเป็นพันธุ์มาตรฐานทนเค็มและพันธุ์มาตรฐานไวต่อความเค็ม ตามลำดับ ข้าว CSSL 11 เป็นสายพันธุ์ที่แสดงศักยภาพในการทนเค็มสูงที่สุดเนื่องจากมีค่า A_{max} g_s และ T สูงกว่าข้าว KDML105 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับภาวะเครียดจากความเค็ม 12 และ 18 วัน ยิ่งกว่านั้นข้าว CSSL ที่ทำการศึกษายกเว้น CSSL 26 มีค่า A_{max} สูงกว่าข้าว KDML105 หลังจากได้รับภาวะเค็ม 18 วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายีนที่อยู่ในบริเวณเครื่องหมาย RM212 และ RM33662 น่าจะเกี่ยวข้องกับการปรับตัวด้านการสังเคราะห์ด้วยแสงเมื่อได้รับภาวะเครียดจากความเค็ม

คำสำคัญ: การสังเคราะห์ด้วยแสง ข้าว ขาวดอกมะลิ105 ภาวะเค็ม

คำนำ

ภาวะดินเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตและเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด เนื่องจากมีการสะสมไอออนของเกลือภายในเซลล์ทำให้เกิดความเป็นพิษส่งผลต่อกระบวนการเมทาบอลิซึมต่าง ๆ (Munns, 2002) โดยเฉพาะกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (photosynthesis) ทั้งนี้พืชที่อยู่ในภาวะเครียดที่เกิดจากความเค็มยังมีการชักนำการเปิดปิดของปากใบ (stomatal conductance) อัตราการคายน้ำ และความหนาแน่นของปากใบ (stomatal density) ลดลงกว่าในพืชที่อยู่ในภาวะปกติ เนื่องจากเกิด oxidative stress (Chaves และคณะ, 2009)

ลักษณะความทนเค็มพบได้ในกลุ่มประชากรข้าว CSSL ที่มีส่วนของโครโมโซมที่ 1 จากข้าวสายพันธุ์ทนแล้ง DH212 ซึ่งได้จากการคัดเลือกยีนทนแล้งที่อยู่ระหว่างโมเลกุลเครื่องหมาย (SSR marker) RM212 และ RM5310 และมี genetic

[1] **หน่วยปฏิบัติการวิจัยสิ่งแวดล้อมและสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330**

[1] Environment and Plant Physiology Research Unit, Dept. of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok Thailand 10330

[2] **ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพ 10330**

[2] Dept. of Biochemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok Thailand 10330

[3] **หน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140**

[3] Rice Gene Discovery Unit, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Kasetsart University, Kamphangsaen Campus, Nakhonpathom 73140

background เป็นข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) (ธีรยุทธ และคณะ, 2555) งานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการศึกษาการตอบสนองผลของภาวะเครียดที่เกิดจากความเค็มต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะต้นข้าวในดินจำนวน 10 พันธุ์/สายพันธุ์ คือ KDML105 (genetic background standard line) DH212 (salt tolerant genes donor) Pokkali (พันธุ์มาตรฐานทนเค็ม) IR29 (พันธุ์มาตรฐานไม่ทนเค็ม) ข้าวในกลุ่มประชากร CSSL ที่มีชิ้นส่วนขนาดต่าง ๆ ของโครโมโซมที่ 1 จำนวน 6 สายพันธุ์ (ธีรยุทธ และคณะ, 2555) ได้แก่ สายพันธุ์ CSSL10 11 12 16 26 และ 27 โดยแต่ละสายพันธุ์มีการแทนที่ของชิ้นส่วนโครโมโซมในแต่ละตำแหน่งที่แตกต่างกัน เมื่อข้าวอายุ 30 วันหลังการเพาะเมล็ด เติมสารละลายเกลือ (NaCl) 75 mM โดยมีข้าวสายพันธุ์เดียวกันที่ไม่ได้รับความเค็มเป็นชุดการทดลองควบคุม วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (A_{max}) ค่าการชักนำการเปิดปากใบ (g_s) และค่าอัตราการคายน้ำ (*T*) โดยใช้เครื่อง Portable photosynthesis system (Li-6400, LI-COR, Lincoln, NE, USA) ที่เวลา 0 6 12 และ 18 วัน หลังจากได้รับภาวะเค็ม แล้วเปรียบเทียบลักษณะการตอบสนอง โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในภาวะปกติ เมื่อข้าวมีอายุ 30 วัน พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (A_{max}) ของข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ทำการศึกษามีความแตกต่างกัน โดยข้าวพันธุ์ IR29 มี A_{max} สูงสุด 23.54 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Morad และ Smail (2007) ที่ทำการทดลองในข้าวพันธุ์ IR29 เปรียบเทียบกับ Pokkali ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น และในกลุ่มสายพันธุ์ CSSL พบว่า CSSL 27 มีค่า A_{max} สูงที่สุด (20.76 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับ CSSL16 และ 12 เมื่อข้าวอายุ 36 วัน พบว่าข้าวทุกพันธุ์/สายพันธุ์ มี A_{max} สูงขึ้น แต่ข้าวสายพันธุ์ DH212 และ Pokkali มี Amax ต่ำกว่า KDML105 และ CSSL ทุกสายพันธุ์ เมื่อข้าวอายุ 42 และ 48 วัน มีค่า A_{max} ของข้าวทุกพันธุ์/สายพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1A) ทั้งนี้ในช่วงแรกข้าวทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีอัตราการเจริญเติบโตเริ่มต้นไม่เท่ากันเนื่องจากเป็นระยะแตกกกอ โดยข้าวเริ่มแตกกอที่อายุ 25-30 วันหลังการเพาะเมล็ด (บุญหงษ์, 2547)

เมื่อข้าวได้รับภาวะเค็มที่ความเข้มข้น NaCl 75 mM พบว่า ค่า A_{max} มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงเวลาที่ศึกษา เมื่อเริ่มการทดลอง ที่เวลา 0 วัน ข้าวพันธุ์ IR29 มีค่าA_{max} สูงสุดที่ 26.23 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} ในขณะที่ Pokkali มี A_{max} ต่ำสุดที่ 15.74 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} เช่นเดียวกันกับข้าวที่ปลูกในภาวะปกติ เมื่อข้าวอยู่ในภาวะเค็มเป็นเวลา 6 วัน (อายุ 36 วัน) พบว่า CSSL 11 และ 12 มีค่า A_{max} สูงสุด เมื่อเทียบกับประชากร CSSL ทั้งหมด และสูงกว่า A_{max} ของข้าวพันธุ์ Pokkali และ IR29 เมื่อข้าวอยู่ในภาวะเค็มเป็นเวลา 12 วัน (อายุ 42 วัน) Pokkali มี A_{max} ต่ำที่สุด และข้าว CSSL หลายสายพันธุ์มีค่า A_{max} สูงกว่า Pokkali อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างจาก KDML105 อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อข้าวได้รับภาวะเค็มนาน 18 วัน (อายุ 48 วัน) พบว่าข้าว CSSL 11 12 16 และ 27 มี A_{max} สูงกว่า KDML105 และ Pokkali อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า Pokkali มี A_{max} เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับต้นที่ยังไม่ได้รับภาวะเค็มเป็น 17.79 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} (Figure 1B)

สำหรับค่าการชักนำการเปิดปากใบ (g_s) ในภาวะปกติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลายกเว้นเมื่อข้าวอายุ 36 วัน (Figure 1B) โดยค่า g_s ให้ผลคล้ายกับค่า A_{max} คือหากข้าวพันธุ์/สายพันธุ์ไหนให้ค่า A_{max} สูงมีแนวโน้มค่า g_s สูงตามไปด้วย

ในภาวะเค็ม ค่า g_s มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลา และพบว่าให้ผลในทำนองเดียวกับค่า A_{max} เมื่อข้าวอายุ 30 วัน (0 วันหลังได้รับภาวะเค็ม 75 mM NaCl) ในกลุ่มประชากร ข้าวCSSL พบว่า CSSL 11 มีค่า g_s สูงที่สุด และเมื่อข้าวได้รับภาวะเค็มนาน 6 12 และ 18 วัน ข้าวสายพันธุ์ CSSL 16 และ 27 มีค่า g_s ต่ำในขณะที่ให้ค่า A_{max} สูง (Figure 2A-2B) หากใบพืชมีค่า g_s สูง พืชจะมีการไหลเข้าออกของน้ำ และก๊าซ CO_2 ได้มากดังนั้นพืชจะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย (Lakshmi และคณะ, 1996) ในขณะที่ข้าวทนเค็มสามารถปรับตัวให้อยู่ในภาวะเครียดจากความเค็มโดยมีการคุมการชักนำการเปิดปากใบได้ดีกว่าโดยมีค่า g_s ต่ำกว่าข้าวที่ไม่ทนเค็ม (Moradi และ Smail, 2007)

ในภาวะปกติค่าอัตราการคายน้ำ (*T*) ให้ผลคล้ายคลึงกันกับ g_s ในทุกๆ ช่วงเวลาที่ทำการบันทึกผลคือไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นเมื่อเริ่มการทดลอง โดยข้าวพันธุ์ IR29 มี *T* สูงสุดที่ 9.72 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} และ Pokkali มี *T* ต่ำที่สุด ในกลุ่ม CSSL พบว่า CSSL16 มีค่า *T* สูงสุด 9.2 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} (Figure 1C)

ในภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl เมื่อข้าวได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 6 12 และ 18 วัน ให้ผลในทำนองเดียวกับค่า g_s (Figure 2C)ทั้งนี้ข้าวที่มีความสามารถในการทนเค็มสามารถรักษาอัตราการคายน้ำให้ลดลงได้เมื่ออยู่ในภาวะเค็ม เพื่อลดการเข้ามาของเกลือภายในต้นข้าวอีกทั้งยังเป็นการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ต่อไป (James et al., 2002)

สรุปผล

ข้าว CSSL 11 เป็นสายพันธุ์ที่แสดงศักยภาพในการทนเค็มสูงที่สุดเนื่องจากมีค่า A_{max} g_s และ T สูงกว่าข้าว KDML105 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และข้าวสายพันธุ์ CSSL ที่ทำการศึกษายกเว้น CSSL 26 ต่างมีค่า A_{max} สูงกว่าข้าว KDML105 หลังจากได้รับภาวะเค็มเป็นเวลา 18 วัน แสดงให้เห็นว่ายีนที่อยู่ในบริเวณเครื่องหมาย RM212 และ RM3362 น่าจะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการปรับตัวด้านการสังเคราะห์ด้วยแสงเมื่อได้รับภาวะเครียดจากความเค็ม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนายนพวิชญพงศ์ เครือสาร นางสาวฝนทิพย์ หนูทอง นายอาสาฬหะ พัฒนธาราและ อาจารย์ ดร. วราลักษณ์ เกษตรานันท์ และหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสวทช. (รหัสโครงการ P-12-01235) และสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST) ที่ให้การสนับสนุนทุน

เอกสารอ้างอิง

บุญหงษ์ จงคิด, 2547, ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี. 39 หน้า.

ธีรยุทธ ตู้จินดา, Jonaliza L. Siangliw, กาญจนา ปัญญาแวว และ ไวพจน์ กันจู, 2555. Development of Single QTL near Isogenic line (NILs) of KDML105 drought tolerance, ใน รายงานการวิจัย พัฒนาและวิศวกรรม, ณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ จังหวัดปทุมธานี.

Chaves, M.M., Flexas, J., and Pinheiro, C., 2009, Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell, Annals of Botany, 103: 551–560.

James, R.A., Rivelli, A.R., Munns, R., and Caemmerer, V.S., 2002, Factors affecting CO_2 assimilation, leaf injury and growth in salt-stressed durum wheat, Functional Plant Biology, 29: 1393-1403.

Lakshmi, A., Ramanjulu, S., Veeranjaneyulu, K., and Sudhakar, C., 1996, Effect of NaCl on photosynthesis parameters in two cultivars of mulberry, Photosynthetica, 32: 285–289.

Moradi, F., and SMAIL A.M., 2007, Responses of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ROS-scavengingsystems to salt stress during seedling and reproductive stages in rice, Annals of Botany, 99: 1161–1173.

Munns, R., 2002, Comparative Physiology of Salt and Water Stress, Plant Cell and Environment, 25: 239-250.

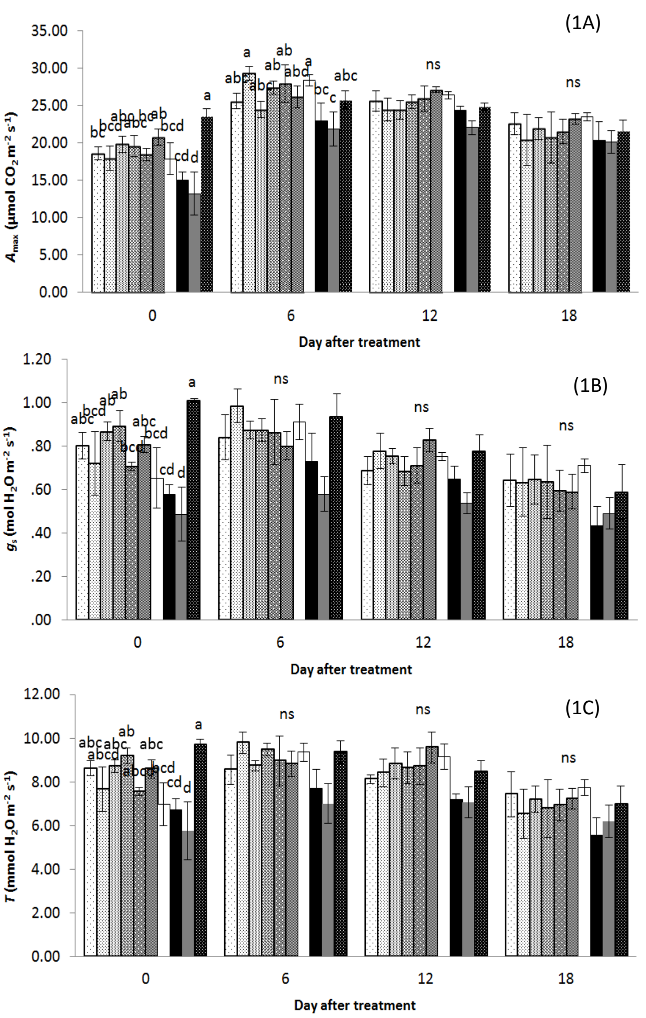


Figure 1 Effect of NaCl 0 mM on Maximum photosynthetic rate (A_{max}) (1A), stomatal conductance (g_s) (1B) and Transpiration rate (T) (1C)

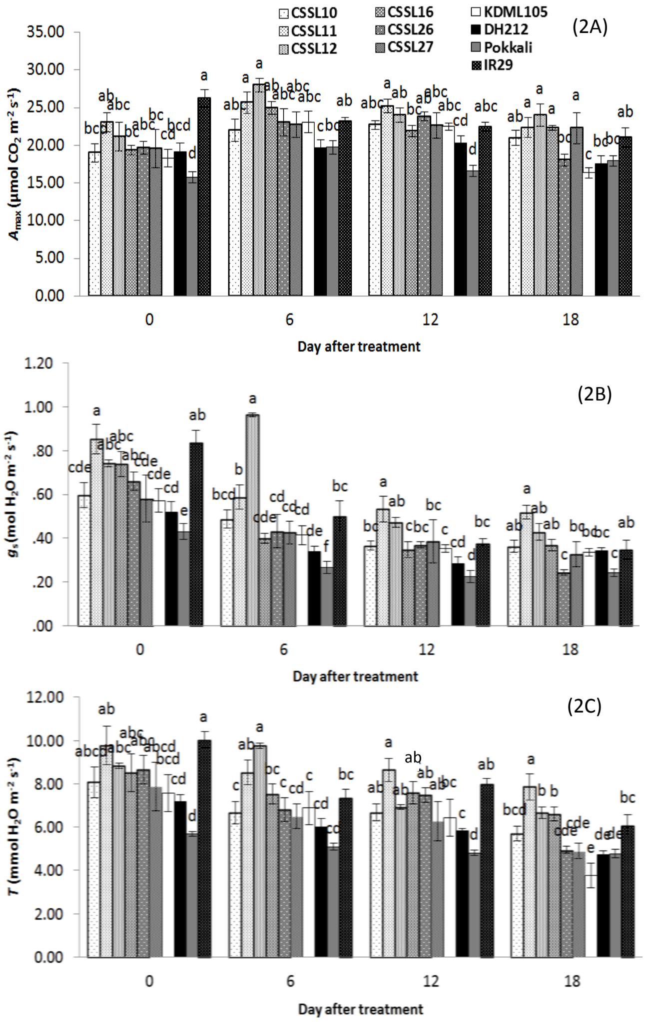


Figure 2 Effect of NaCl 75 mM on Maximum photosynthetic rate (A_{max}) (2A), stomatal conductance (g_s)(2B) and Transpiration rate (T) (2C)

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 181-184 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 181-184 (2556)

ผลของขนาดอนุภาคแป้งข้าวกล้องสินเหล็กทดแทนแป้งสาลีบางส่วนต่อคุณภาพบิสกิต

Effect of Particle Size of Sinlek Brown Rice Flour as a Partially Substituent of Wheat Flour on Biscuits Quality

ขนิษฐา วงค์ลาว[1] วรางคณา ศรีจำนงค์[2] ฉัตรภา หัตถโกศล[1] อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[2] และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1]

Wonglao, K. [1], Srichamnong, W.[2], Hudthagosol, C.[1], Suttisansanee, U. [2], Somboonpanyakul, P.[1]

Abstract

The objectives of this study were to determine the effect of particle size of Sinlek brown rice flour (SBF) on biscuits qualities. The moisture, protein, fat, ash, crude fiber and carbohydrate contents of SBF were 11.09, 10.54, 2.05, 1.95, 2.28 and 72.09 g/100g, respectively. Three formulas of biscuits were prepared varying type of fat used; margarine, shortening and butter. There were evaluated in a sensory screening test in order to select the formula. The formula using margarine was selected as the control formula as it received highest score for overall acceptability. SBF of three different particle sizes at 140, 170 and 200 mesh were used to substitute wheat flour of control formula. The reduction of particle size of SBF resulted in increasing the L*(lightness) and b*(yellowness), while decreasing the a*(redness) value of biscuits ($p>0.05$).The hardness of biscuits with SBF of 140 mesh was lowest ($p\leq0.05$), while the brittleness of all particle size biscuits was not significantly difference ($p>0.05$). Spread ratio of biscuits was decreased with decreased in particle size of SBF. The sensory evaluation of biscuits with different particle size of SBF including color, crispness, brittleness, sweetness and saltiness were not significantly difference ($p>0.05$). The biscuits with SBF of 200 mesh had lowest score of grittiness but highest score of overall acceptability ($p<0.05$).

Keywords: Sinlek brown rice, particle size, biscuit

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของขนาดอนุภาคแป้งข้าวกล้องสินเหล็กทดแทนแป้งสาลีบางส่วนต่อคุณภาพบิสกิต แป้งข้าวกล้องสินเหล็กมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบและคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 11.09, 10.54, 2.05, 1.95, 2.28 และ 72.09 ตามลำดับ คัดเลือกบิสกิต 3 สูตรที่ใช้ไขมันต่างชนิดกัน ได้แก่ เนยเทียม เนยขาว และเนยสด ทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า บิสกิตสูตรที่ใช้เนยเทียมได้รับการยอมรับสูงสุด จึงเลือกบิสกิตสูตรที่ใช้เนยเทียมเป็นสูตรควบคุม แล้วทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องสินเหล็กที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน 3 ระดับ คือ 140 170 และ 200 เมช ผลการทดลองพบว่า เมื่อขนาดอนุภาคของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กลดลง บิสกิตมีค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น แต่ค่าสีแดง (a*) ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จากการวัดค่าทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่าบิสกิตที่ใช้แป้งข้าวกล้องสินเหล็กที่มีขนาดอนุภาค 140 เมช มีค่าความแข็งน้อยที่สุด($p<0.05$) ส่วนความร่วนของบิสกิตที่ใช้แป้งข้าวกล้องสินเหล็กทุกขนาดอนุภาคมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) อัตราการขยายตัวของบิสกิตมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดอนุภาคของแป้งข้าวกล้องสินเหล็กลดลง ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า บิสกิตที่ใช้แป้งข้าวกล้องสินเหล็กขนาดอนุภาคต่างกัน ได้คะแนน ค่าสี ความกรอบ ความร่วน ความหวานและความเค็ม ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ทั้งนี้สูตรที่ใช้แป้งข้าวกล้องสินเหล็กขนาด 200 เมช มีคะแนนความสากน้อยที่สุดและมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด ($p<0.05$)

คำสำคัญ: ข้าวกล้องสินเหล็ก ขนาดอนุภาค บิสกิต

[1] ภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนน ราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี จังหวัด กรุงเทพฯ 10400

[1] Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Rd., Ratchathewi District, Bangkok 10400

[2] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 พุทธมณฑล สาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล นครปฐม 73170

[2] Institute of Nutrition, Mahidol University, 999 Phuttamonthon sai 4., Tambon Salaya, Amphur Phuttamonton, Nakhon Pathom 73170

Introduction

Biscuit is one of the popular snacks as a light meal eaten between regular meals. The main ingredients of biscuit are wheat flour, sugar and fat. According to the study the consumption of biscuits might associated with several chronic diseases such as coronary heart disease, obesity and diabetes. Nowadays, consumer lifestyles are toward healthy food. Therefore, biscuits that formulated by substituting wheat flour with Sinlek brown rice (SBR) could offer consumers an alternative choice for healthy food. Sinlek brown rice is Thai rice which has medium glycemic index and high iron content. Unlike wheat flour, biscuits made from rice flour has low acceptance from consumer. According to Nammakuna *et al.* (2009) reported that rice flour with small particle size could help improving rice cracker qualities. Therefore, this research was aimed to study the effect of particle size of SBF on biscuits qualities.

Materials and Methods

Sinlek brown rice (SBR) purchased from Shaiyo-AA Company. The rice was milled by swing rice grinder machine and passed through a sieve at particle size of 140, 170 and 200 mesh screen. SBR was dried in a tray dry at 55°C for 20 minutes and cooled down to room temperature for 30 minutes. SBF was sealed and stored in plastic bag at room temperature (28±5°C).

Proximate compositions (moisture, protein, fat, ash and crude fiber) of SBF were determined by standard methods of analysis (AOAC, 2005). Carbohydrate content was calculated by difference (100-%moisture-%protein-%fat-%ash-%crude fiber).

Selection of biscuit formula by varying three types of fat used (margarine, shortening and butter). The biscuits were prepared by mixing wheat flour and sugar in a bowl. Then fat was added and mixed for 2 minutes to obtain creamy dough. The water was added during continuous mixing until slightly firm dough was obtained and rested at 4°C for 30 minutes. The dough was manually rolled to form sheet of 0.20 cm thickness. Biscuits were shaped into 2.50 cm diameter, baked at 135°C for 10 minutes and cooled down to room temperature. Samples were packed in plastic laminated with aluminum foil bags before sensory evaluation. The color, crispness, brittleness, sweetness and saltiness were evaluated by 30 semi-trained panellist using 5-just about right scale and overall acceptability using 5-point scoring scale.

The effects of particle size of SBF on biscuit qualities were studied. The biscuits were formulated by substituting SBF into wheat at 20% by weight. Other ingredients were kept constant (20g SBR, 80g wheat flour, 56 g margarine, 28g sugar and 4g water). The physical properties including color, texture and spread ratio were determined. The color values (L*, a*, b*) of samples were measured using spectrophotometer (ColorFlex EZ, Hunter Associates Laboratory Inc., Virginia, USA). Hardness and fracturability of 20 pieces of biscuits were determined by Texture Analyzer (TA.XT plus, Stable Micro Systems Ltd, YL, UK). Spread ratio of biscuits were determined according to the method of the American Association of Cereal Chemist (AACC, 1995) 10-50D. The sensory properties of biscuits (color, crispness, brittleness, sweetness and saltiness) were evaluated by 30 semi-trained panellist using 5 point-just about right scale. Except grittiness and overall acceptable were evaluated by 5 point–scoring test.

A completely randomized design (CRD) was conducted for physical properties and a randomized complete block design (RCBD) for sensory evaluation. SPSS software for Windows version 18.0 was used to perform the statistical analysis. Duncan’s multiple range test was used to differentiate between the mean values.

Results and Discussion

The moisture, protein, fat, ash, crude fiber and carbohydrate contents of SBF were 11.09, 10.54, 2.05, 1.95, 2.28 and 72.09 g/100g, respectively (Table1). Somboonpanyakul *et al.* (2012) also reported that the

moisture, protein, fat, ash, crude fiber and carbohydrate contents of SBF were 11.45, 9.21, 3.28, 1.87, 5.23 and 68.96 g/100g, respectively. Rosniyana *et al.* (2006) reported that the degree of milling in brown rice affected proximate composition of rice. The results are shown in Table 2, it was noted that mean values of crispness, brittleness and sweetness among three formulas was not significantly difference ($p>0.05$), except the score of color, saltiness and overall acceptability ($p\leq0.05$). The biscuit formula using margarine was selected as the control formula as it had highest score for overall acceptability ($p\leq0.05$). The physical properties of biscuits from different particle sizes of SBF are shown in Table 3. The L*, a* and b* values of biscuits with different particle sizes of SBF were not significantly difference ($p>0.05$). The L*(lightness) and b*(yellowness) value were increased, while a*(redness) value decreased which corresponding to the reduction of particle size of SBF. The hardness of biscuits increased when decreasing the particle size of SBF. Hardness value (919.50 g) of biscuits using 200 mesh particle size of SBF was significantly higher ($p\leq0.05$) than biscuits using 140 mesh particle size of SBF. The fine rice flour produced more hardness of biscuits than coarse flour (Nammakuna *et al*., 2009; Manley, 2000). The fracturability of all biscuits was not significantly difference ($p>0.05$). Spread ratio of biscuit was decreased with decreasing the particle size of SBF. The results were similar to Tiwari *et al*. (2011). They found that as the hardness of biscuits increased, the spread ratio decreased. The scores of sensory evaluation in Table 4 showed that color, crispness, brittleness, sweetness and saltiness scores of all biscuits were not significantly difference ($p>0.05$), except grittiness and overall acceptability ($p\leq0.05$).The biscuit with 200 mesh particle size of SBF had the lowest score of grittiness and the highest score of overall acceptability ($p\leq0.05$).

Summary

The study indicates that decreasing the particle size of SBF extremely increased the biscuit quality. The biscuit with 200 mesh SBF had the lowest score of grittiness but the highest score of overall acceptability ($p\leq0.05$). Therefore, this particle size is recommended for biscuit that would use Sinlek brown rice as flour increase consumer acceptance.

Acknowledgements

This research was supported by the Thailand Research Fund for TRF-Master Research Grants and Tam Bakery.

Literature cited

Nammakuna, N., Suwinsri, S., Thanasukarn, P. and Ratanatriwong P., 2009, Effect of Rice Flour Processing and Preparation on Rice Cracker Quality, Journal of Argicultural Science, 40(3)(Suppl.): 357-360.

Somboonpanyakul, P., Hudthagosol, C., Meekhruerod, A., Lasukhang, W. and Chuaduangpuy, D., 2012, Development of Sinlek Brown Rice Cookie, Journal of Agricultural Science, 43(2)(Suppl.): 565-568.

Rosniyana A., Rukunudin H., and Shariffah Norin SA., 2006, Effects of milling degree on the chemical composition, physicochemical properties and cooking characteristics of brown rice, Journal of Tropical Agriculture and Food Science, 44: 2006;34(1):37-44.

AOAC, 2005, Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Official Chemists International. Gaithersburg, Maryland.

AACC, 1995, Approved Methods of Analysis, 9th ed. American Association of Cereal Chemists. St Paul, MN.

Manley, D., 2000, Technology of Biscuits, Cracker and Cookies, 3rd ed. Boca Raton, FL: Woodhead Publishing and CRC Press.

Tiwari, B.K., Brennan C.S., Jaganmohan, R., Surabi, A. and Alagusundaram, K., 2011, Utilisation of pigeon pea (*Cajanus cajan* L) byproducts in biscuit manufacture, Journal of Food Science and Technology, 44: 1533-1537.

Table 1 Proximate compositions of Sinlek brown rice flour

Compositions	Content (%)*
Moisture	11.09±0.03
Crude protein	10.54±0.30
Crude fat	2.05±0.02
Ash	1.95±0.04
Crude fiber	2.28±0.14
Carbohydrate	72.09±0.06

* Mean ± SD

Table 2 Sensory attribute scores of the biscuits (control formula)

Attributes	Formula		
	Margarine	Shortening	Butter
Color*	3.07±0.45[a]	2.43±0.57[b]	2.57±0.57[b]
Crispness*	3.03±0.76	2.77±0.73	2.73±0.78
Brittleness*	2.83±0.75	2.97±0.81	2.77±0.68
Sweetness*	2.77±0.63	2.80±0.89	2.73±0.87
Saltiness*	2.67±0.92[a]	1.70±0.75[c]	2.07±0.78[b]
Overall acceptability**	3.87±63[a]	3.07±0.83[b]	3.03±0.81[b]

[a,b,c] Means followed by a different letter within the same row are significantly different ($p < 0.05$), *Five-point just-about-right scale (5 = too much, 3 = just-about-right, 1 = too few), ** Five-point scoring scale (5 = most acceptable, 1 = least acceptable)

Table 3 Physical properties of the biscuits containing different particle sizes of Sinlek brown rice flour

Physical properties	Particle size of Sinlek brown rice flour (mesh)		
	140	170	200
Color value			
L*	64.27±0.38	64.33±0.49	64.78±0.76
a*	8.45±0.34	8.42±0.37	8.38±0.50
b*	40.09±1.00	40.29±0.34	40.75±0.58
Texture profile			
Hardness (g)	788.23±54.82[b]	915.43±38.40[a]	919.50±39.03[a]
Fracturability (mm)	0.26±0.14	0.24±0.06	0.26±0.06
Spread ratio	14.32±0.10	14.30±0.07	14.23±0.07

[a,b] Means followed by a different letter within the same row are significantly different ($p < 0.05$)

Table 4 Sensory attribute scores of the biscuits containing different particle sizes of Sinlek brown rice flour

Attributes	Particle size of sinlek brown rice flour (mesh)		
	140	170	200
Color*	3.17±0.53	3.33±0.48	3.27±0.58
Crispness*	2.77±0.50	2.53±0.63	2.83±0.75
Brittleness*	3.20±0.41	3.10±0.61	3.27±0.69
Sweetness*	2.90±0.66	2.83±0.51	2.87±0.71
Saltiness*	2.50±0.50	2.36±0.53	2.67±0.61
Grittiness**	3.13±0.69[a]	3.03±0.78[a]	2.53±0.69[b]
Overall acceptability***	3.10±0.94[b]	3.03±0.71[b]	3.50±0.71[a]

[a,b] Means followed by a different letter within the same column are significantly different ($p < 0.05$), * Five-point just-about-right scale (5 = too much, 3 = just-about-right, 1 = too few), ** Five-point scoring scale (5 =too gritty, 1 = least gritty), *** Five-point scoring scale (5 = most acceptable, 1 = least acceptable)

ไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำของแป้งกล้วย

Moisture Adsorption Isotherms of Banana Flour

เอกราช สิงห์ประสาท[1] ณัฐวุฒิ ดอนลาว[1] และ ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล[1]
Singprasat, E.[1], Donlao, N.[1] and Chuemchaitrakun, P.[1]

Abstract

Moisture adsorption and isosteric heat of sorption of banana flour are very useful for predicting its stability during storage and selecting appropriated packaging materials. Here, we studied some physical properties of banana flour. The moisture adsorption isotherms of the flour were also determined at 30 and 40°C, respectively. The peeled bananas (*Musa* (*AAA group*) *"Kluai Hom thong"*) were dried at 60 °C using tray dryer for 24 hours. The product was ground and sieved to obtain banana flour. The gravimetric static method was used to determine the sorption isotherms over the relative humidity in the range of 11-93%. Moisture content and water activity of banana flour were 3.58% and 0.274, respectively. Color values *L**, *a** and *b** were 85.95, -0.01 and 12.12, respectively. Solubility, paste viscosity and swelling power were 4.19%, 4087 cP and 2.62 g/g, respectively. According to BET classification, the sorption isotherms of banana flour were found to be a typical type II sigmoid curve. The relationship of equilibrium moisture content (EMC) and equilibrium relative humidity (ERH) of banana flour over the entire range of temperature were best described by GAB model. The isosteric heat of sorption was varied between 0.03 and 0.21 g/g dry matter.

Keywords: isosteric heat of sorption, color, solubility, swelling power

บทคัดย่อ

ไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำและค่าพลังงานไอโซสเตียริกของแป้งกล้วยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำนายอายุการเก็บรักษาและการเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมได้ งานวิจัยนี้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยและไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำของแป้งกล้วยที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งการเตรียมแป้งกล้วยทำได้โดยนำกล้วยหอมทอง (*Musa* (*AAA group*) *"Kluai Hom Thong"*) มาปอกเปลือก จากนั้นนำไปทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กล้วยที่ผ่านการทำแห้งแล้วจะนำไปบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรง ในการหาไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำจะใช้วิธีการชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนไปของแป้งกล้วยเมื่อผันแปรปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วงร้อยละ 11 ถึง 93 จากผลการทดลองพบว่า แป้งกล้วยมีความชื้นร้อยละ 3.58 ปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.274 ค่าสี (*L**, *a** และ *b**) เท่ากับ 85.95 -0.01 และ 12.12 ตามลำดับ แป้งกล้วยมีความสามารถในการละลายเท่ากับร้อยละ 4.19 ความหนืดของแป้งเมื่อผสมน้ำเท่ากับ 4087 เซนติพอยด์ และความสามารถในการพองตัวเท่ากับ 2.62 กรัมต่อกรัม ในส่วนของไอโซเทอร์มการดูดซับของแป้งกล้วยนั้นพบว่ามีรูปร่างเป็นกราฟซิกมอยด์แบบที่สองตามการจำแนกของ BET และพบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB เหมาะสมที่สุดสำหรับการอธิบายความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นสมดุลของแป้งกล้วยกับความชื้นสัมพัทธ์สมดุลของสิ่งแวดล้อมในช่วงอุณหภูมิที่กำหนด ค่าพลังงานไอโซสเตียริกของแป้งกล้วยอยู่ระหว่าง 90.8 ถึง 45.8 กิโลจูลต่อโมลเมื่อผันแปรปริมาณความชื้นในช่วง 0.03 ถึง 0.21 กรัมต่อกรัมของแข็งแห้ง

คำสำคัญ: พลังงานไอโซสเตียริก ค่าสี ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการพองตัว

คำนำ

กล้วยเป็นผลไม้ที่คนส่วนใหญ่นิยมบริโภค ในปัจจุบันนี้มีการนำกล้วยดิบมาแปรรูปให้เป็นแป้ง และเติมลงในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนัก เช่น คุกกี้ที่ย่อยได้ช้า (Aparicio-Saguilan และคณะ, 2007) ขนมปังเส้นใยสูง (Juarez - Garcia และคณะ, 2006) ฟิล์มที่สามารถรับประทานได้ (Rungsinee และ Natcharee, 2007) ไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำของแป้งกล้วยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบกระบวนการทำแห้ง ทำนายอายุการเก็บรักษาและการเลือกบรรจุ

[1] **สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง 333 หมู่ 1 ต.ท่าสุด อ.เมือง จ.เชียงราย 57100**
[1] School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University 333 Moo 1 Thasud, Muang, Chiang Rai 57100

ภัณฑ์ที่เหมาะสมได้ ปัจจุบันมีสมการทางคณิตศาสตร์มากมายที่สามารถใช้อธิบายไอโซเทอร์มการดูดซับสำหรับอาหาร (Chirife และ Iglesias, 1978; Iglesias และ Chirife, 1982; Jayas และ Mazza, 1993; Delgado และ Sun, 2002; Lopes Filho และคณะ, 2002; Sandoval และ Barreiro, 2002). นอกจากนี้ข้อมูลจากไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำยังสามารถใช้ในการคำนวณพลังงานไอโซสเตียริกซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงพลังงานที่ใช้ในการแยกโมเลกุลของน้ำออกจากอาหาร (Duckworth, 1972; Wang และ Brennan, 1991) มีผู้วิจัยหลายท่านได้ศึกษาค่าพลังงานไอโซสเตียริกในอาหารหลายชนิด เช่น ผลไม้ ผัก อาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ และ เครื่องเทศ (Iglesias และ Chirife, 1976a, b; Tsami, 1991; Wang และ Brennan, 1991; Kiranoudis และคณะ, 1993; Rapusas และคณะ, 1993; McLaughlin และ Magee, 1998; Kaymak - Ertekin และคณะ, 2001) แต่มีงานวิจัยน้อยชิ้นที่ศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำของแป้งกล้วย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยและไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำของแป้งกล้วยตลอดจนคำนวณพลังงานไอโซสเตียริก

อุปกรณ์และวิธีการ

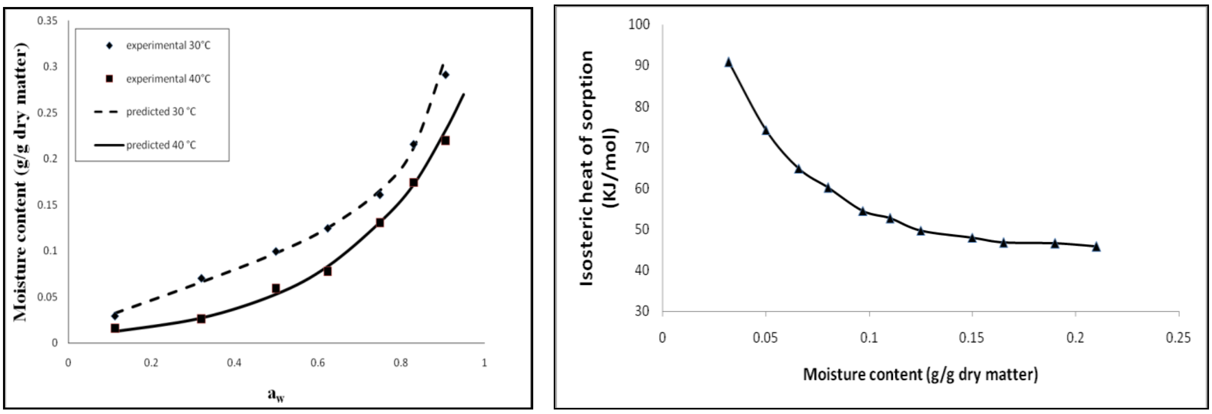
วิธีการเตรียมแป้งกล้วยดัดแปลงมาจากวิธีของ Alkarkhi และคณะ, (2011) โดยนำกล้วยดิบ (*Musa* (AAA group) “Kluai Hom thong”) มาล้างและปอกเปลือก จากนั้นหั่นเนื้อกล้วยตามแนวขวางหนา 2 มิลลิเมตรและแช่ลงในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 0.5% (w/v) เป็นเวลา 10 นาที นำไปทำแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กล้วยที่แห้งแล้วจะถูกบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 125 ไมครอน จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท การวิเคราะห์ไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำของแป้งกล้วยดัดแปลงมาจากวิธีของ Iglesias และ Chirife (1982) นำแป้งกล้วยไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นชั่งแป้งกล้วย 2 -3 กรัม ใส่ลงในอลูมิเนียมแคนแล้วนำไปวางไว้ในโหลแก้วสุญญากาศที่มีสารละลายเกลืออิ่มตัวของ LiCl, $MgCl_2$, $Mg(NO_3)_2$, $NaNO_2$, NaCl, KCl and KNO_3 เพื่อให้ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลที่ระดับ 11% - 93% (Greenspan, 1977; Palipane และ Driscoll, 1992; Young, 1967). นำโหลแก้วดังกล่าวไปเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส ติดตามผลทุกวันโดยการบันทึกน้ำหนักจนกระทั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ชั่งได้เทียบกับการชั่งครั้งก่อนหน้าแตกต่างกันไม่เกิน 0.001 กรัม นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสมดุลกับปริมาณน้ำอิสระนั่นก็คือไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำ (Sinija และ Mishra, 2008) การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยได้แก่ การวิเคราะห์ความชื้น (AOAC) การวัดปริมาณน้ำอิสระใช้เครื่อง Water activity analyzer รุ่น *Novasina AWC500* การวิเคราะห์สีใช้เครื่องวัดสีรุ่น Hunter lab รุ่น *ColorQuest XE* ความสามารถในการละลายและการพองตัวของอนุภาคแป้งดัดแปลงมาจากวิธีของ Leach (1959) วิเคราะห์ความหนืดของแป้งที่ละลายน้ำด้วยเครื่อง Brookfield viscometer series: DV-III ในการวิเคราะห์ ไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำของแป้งกล้วยนั้น ข้อมูลจากการทดลองจะถูกนำมาพิจารณาความเหมาะสมกับสมการทางคณิตศาสตร์และค่าตัวแปรต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยที่ M_e, X_m, a_w และ t แทน ความชื้นสมดุล ปริมาณความชื้น monolayer ปริมาณน้ำอิสระและอุณหภูมิ A, B, C, K, K1, K2, n1, n2 เป็นค่าคงที่ โดยพิจารณาจาก R^2 และค่า mean relative error (MRE) พลังงานไอโซสเตียริกหาได้จากสมการของ Clausius-Clapeyron (Labuza และคณะ, 1985) a_{w1} และ a_{w2} คือปริมาณน้ำอิสระที่อุณหภูมิ T_1 และ T_2 และ*R คือค่าคงที่ของแก๊ส* (8.314 J/mol K และ พลังงานไอโซสเตียริก (Q_{st}) คำนวณจากสมการ $Q_{st} = q_{st} + \Delta H_v$ ซึ่งΔH_v คือ ความร้อนแฝงไอน้ำของน้ำบริสุทธิ์ที่ 35 องศาเซลเซียส (43.53 kJ/mol) ค่าเฉลี่ยของสองอุณหภูมิ ใช้ในการศึกษานี้ด้วย (30 และ 40 องศาเซลเซียส)

Table 1 Different sorption models fitted to the experimental data of banana flour

Model	Mathematical expression
GAB	$M_e = X_m CKa_w/[(1 - Ka_w)(1 - Ka_w + CKa_w)]$
BET	$M_e = X_m Ca_w/[(1 - a_w)(1 - a_w + Ca_w)]$
Oswin	$M_e = A[a_w/(1 - a_w)]^B$
Peleg	$M_e = K_1 a_{w1}^{\ n} + K_2 a_{w2}^{\ n}$
Modified Henderson	$M_e = [-ln(1 - a_w)/(A(t + C))]^{1/B}$
Modified Halsey	$M_e = [-exp(A + Bt)/ln(a_w)]^{1/C}$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณความชื้นของแป้งกล้วยมีค่าเท่ากับ 3.58±0.10 กรัม/100 ปริมาณความชื้นมีค่าต่ำช่วยให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น ค่าสีของแป้งกล้วยที่ได้จากการทดลองนั้นมีค่า *L** *a** และ *b** คือ 85.95±0.38, -0.01±0.01 และ 12.12±0.05 ตามลำดับ ความสามารถในการละลายมีค่าเท่ากับร้อยละ 4.19 ซึ่งแสดงว่าค่าความสามารถในการละลายที่อุณหภูมิห้องมีค่าต่ำ สำหรับการพองตัวของอนุภาคมีค่าอยู่ที่ 2.62±0.13 กรัมต่อกรัม จากรายงานของ Bezerra และคณะ (2013) พบว่าค่าการพองตัวของแป้งกล้วยที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสเท่ากับ 2.89 กรัมต่อกรัม เมื่อเปรียบเทียบแป้งกล้วยกับแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดพบว่าการพองตัวของแป้งกล้วยต่ำที่สุด อาจเป็นเพราะการจัดเรียงตัวของ micellar มีความแข็งแรงจึงยากต่อการเสื่อมสภาพ (Bezerra และคณะ, 2013) ความหนืดของแป้งกล้วยที่ละลายน้ำ ณ อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสมีค่า 4087 เซนติพอยด์ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Bertolini และคณะ (2010) ที่ทดลองกับแป้งกล้วยสายพันธ์ Nanicão species ได้ค่าความหนืดอยู่ที่ 3915 เซนติพอยด์ ซึ่งค่าความหนืดที่ได้จากการทดลองมีค่าที่สูงกว่า



(A) (B)

Figure 1 (A) Experimental and predicted moisture adsorption isotherm of banana flour using GAB equation at 30 and 40°C (B) Variation of isosteric heat for different moisture contents of banana flour.

ไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำของแป้งกล้วยที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียสมีลักษณะของไอโซเทอร์มเป็นแบบซิกมอยด์แบบที่สองตามการจำแนกของ BET ดังแสดงใน Figure 1(A) ในการพิจารณาความเหมาะสมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจากการทดลองพบว่าสมการ GAB เป็นสมการที่ดีที่สุดในการอธิบายความสัมพันธ์โดยมี R^2 สูงที่สุด และมีค่า MRE ต่ำที่สุด ข้อมูลจากไอโซเทอร์มการดูดซับน้ำที่อุณหภูมิแตกต่างกันสองระดับสามารถนำใช้ในการคำนวณพลังงานไอโซสเตียริกได้โดยใช้สมการของ Clausius-Clapeyron ค่าที่ได้จากการคำนวณแสดงใน Figure 1(B) พลังงานไอโซสเตียริกจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเข้าใกล้ร้อยละ 0.076 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง จากนั้นจะลดลงอย่างช้าๆ เส้นโค้งของพลังงานไอโซสเตียริก ณ จุดเปลี่ยนโค้งบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (Vagenus และ Marinos-Kouris, 1992) ซึ่งค่าดังกล่าวใกล้เคียงกับค่าความชื้น monolayer (X_m) ที่มีค่าเท่ากับ0.0636-0.0833 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งที่ได้จากสมการของ GAB ความชื้นmonolayer มีความสัมพันธ์กับความคงตัวสำหรับอาหารแห้ง (Arslan และ Toğrul, 2006)

สรุปผล

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยพบว่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของแป้งกล้วยอยู่ในช่วงที่ไม่เกินค่ามาตรฐานสำหรับอาหารแห้ง สีของแป้งกล้วยที่ได้เป็นสีเหลืองสว่าง ความสามารถในการละลายและการพองตัวของอนุภาคมีค่าต่ำที่อุณหภูมิห้อง แป้งกล้วยที่ละลายน้ำมีความหนืดสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่น ไอโซเทอร์มการดูดซับของแป้งกล้วยเป็นแบบซิกมอยด์ชนิดที่สองตามการจำแนกของ BET และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB เหมาะสมที่สุดสำหรับการอธิบายความสัมพันธ์ พลังงานไอโซสเตียริกของแป้งกล้วยมีค่าลดลงเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น หากปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์ที่มีค่าเกิน 0.076 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งความคงตัวของผลิตภัณฑ์จะเริ่มลดลง ดังนั้นควรเก็บผลิตภัณฑ์ให้มีความชื้นสมดุลอยู่ในช่วงต่ำกว่า 0.076 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

Arslan, N. and Toğrul, H., 2006, The fitting of various models to water sorption isotherms of tea stored in a chamber under controlled temperature and humidity, Journal of Stored Products Research, 42:112-135.

Bertolini, A.C., Bello-Perez, L.A., Mondez-Montealvo, G., Almeida, C.A.S., Lajolo, F., 2010, Rheological and functional properties of flours from banana pulp and peel, Starch, 62(6):277–284.

Bezerra, C.V., Amante, E.R., de Oliveira, D.C., Rodrigues, A.M.C. and da Silva, L.H.M., 2013, Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch, Industrial Crops and Products, 41(0):241-9.

Greenspan, L., 1977, Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. Journal of Research, National Bureau of Standards (US), Series A, Physics and Chemistry 81:89–96.

Iglesias, H., and Chirife, J., 1976a, Prediction of effect of temperature on water sorption isotherms of food materials. Journal of Food Technology, 11:109–116.

Iglesias, H., and Chirife, J., 1976b, BET monolayer values in dehydrated foods and food components, Lebensmittel-Wissenschaftund Technologie, 9:107–113.

Iglesias, H.A. and Chirife, J., 1982, Handbook of food isotherms: Water sorption parameters for food and food components, Academic Press, New York.

Labuza, T.P., Kaanane, A. and Chen, J.Y., 1985. Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods, Journal of Food Science, 50(2):385–391.

Leach, H.W., 1959, Structure of starch granule I – swelling and solubility various patters of starches, Cereal Chemistry, 36:534–544.

McLaughlin, C.P., and Magee, T.R.A., 1998, The determination of sorption isotherm and the isosteric heats of sorption for potatoes, Journal of Food Engineering, 35:267–280.

Rungsinee, S., and Natcharee, P., 2007, Oxygen permeability and mechanical properties of banana films, Food Research International, 40:365–370.

Sinija, V.R. and Mishra, H.N., 2008, Moisture sorption isotherms and heat of sorption of instant (soluble) green tea powder and green tea granules, Journal of Food Engineering, 86(4):494-500.

Tsami, E., Marinos-Kouris, D., and Maroulis, Z. B., 1990, Water sorption isotherms of raisins, currants, figs, prunes and apricots, Journal of Food Science, 55:1594–1597.

ผลของโอลิโกฟรุคโตส ซูโครส และโซเดียมคลอไรด์ต่อการถ่ายเทมวลในกระบวนการออสโมซิสกล้วยไข่

Influence of Oligofructose Sucrose and Sodium Chloride on Mass Transfer of Kluai Khai (Musa AA Group) in Osmosis Process

สุภาพรรณ คงสมเพ็ชร[1] **และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล**[1]

Khongsomphet, S.[1] and Yuenyongputtakal, W.[1]

Abstract

This research was aimed to study the effect of osmotic agent preparation using oligofructose and sucrose combined with and without sodium chloride on mass transfer of Kluai Khai in osmosis process. Mass transfer parameters namely, water loss (WL) solid gain (SG) and weight reduction (WR), were evaluated. At the end of 9 h. osmosis process the results showed that WL, SG and WR of all treatments were in range of 7.78-19.78% 2.20-3.58% and 5.58-16.20%, respectively. It was found that using mixture solution of sucrose and sodium chloride resulted the highest mass transfer parameters, whereas using only oligofructose solution resulted the lowest mass transfer parameters ($p<0.05$).

Keywords: osmosis process, Kluai Khai, mass transfer, osmotic agent

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมสารละลายออสโมติกโดยใช้น้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสและซูโครสร่วมกับการเติมและไม่เติมโซเดียมคลอไรด์ต่อการถ่ายเทมวลในกระบวนการออสโมซิสกล้วยไข่ ค่าการถ่ายเทมวลที่พิจารณาได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) และปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (WR) ผลการทดลองพบว่า เมื่อออสโมซิสครบ 9 ชั่วโมง ทุกสิ่งทดลองมีค่า WL SG และ WR อยู่ในช่วง 7.78-19.78% 2.20-3.58% และ 5.58-16.20% ตามลำดับ โดยพบว่าชนิดของน้ำตาลและการเติมโซเดียมคลอไรด์มีผลต่อค่าการถ่ายเทมวลในกล้วยไข่ การใช้สารละลายผสมของซูโครสและโซเดียมคลอไรด์ทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลทุกค่าสูงที่สุด ในขณะที่การใช้สารละลายโอลิโก ฟรุคโตสเพียงอย่างเดียวทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลทุกค่าต่ำที่สุด ($p<0.05$)

คำสำคัญ: กระบวนการออสโมซิส กล้วยไข่ การถ่ายเทมวล สารละลายออสโมติก

คำนำ

ในระหว่างกระบวนการออสโมซิสจะเกิดการถ่ายเทมวลสาร เนื่องจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างเซลล์ผักผลไม้และสารละลายออสโมติก ทำให้เกิดการแพร่ของน้ำออกจากเซลล์ผักผลไม้ไปยังสารละลาย ขณะเดียวกันตัวถูกละลายจากสารละลายจะแพร่เข้าสู่เซลล์ผักผลไม้ ทำให้ผักผลไม้มีปริมาณน้ำลดลงและมีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น (อ่อนรวี, 2533) สารละลายออสโมติกจึงมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการถ่ายเทมวลสาร โดยทั่วไปนิยมใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสกับผลไม้ เนื่องจากหาได้ง่าย ราคาถูก และมีแรงดันออสโมติกสูง มีรายงานว่า สามารถใช้สารละลายน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตสเป็นสารละลายออสโมติกได้ อีกทั้งยังมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกที่ให้พลังงานต่ำ และมีความหวานประมาณ 30-50% ของซูโครส (Gibson, 2004) แต่อย่างไรก็ตามโอลิโกฟรุคโตสมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ทำให้เกิดแรงดันออสโมติกต่ำจึงทำให้มีการสูญเสียน้ำและเพิ่มของแข็งในผักผลไม้ได้อย่างช้าๆ ในระหว่างการออสโมซิส การเติมโซเดียมคลอไรด์ช่วยเพิ่มแรงขับ (driving force) ของสารละลายได้ แต่หากเติมในปริมาณมากเกินไปจะมีผลต่อรสชาติในเรื่องของความเค็มที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ (Charles, 2010) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดน้ำตาลโอลิโกฟรุคโตส และซูโครส ร่วมกับการใช้และไม่ใช้โซเดียมคลอไรด์ต่อค่าการถ่ายเทมวลในระหว่างการออสโมซิสของกล้วยไข่

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, Tambon Saensuk, Amphor Muang, Chonburi 20131

อุปกรณ์และวิธีการ

กำหนดคุณภาพของกล้วยไข่ที่ใช้ในการทดลองดังนี้ ใช้กล้วยไข่พันธุ์กำแพงเพชร เป็นกล้วยห่ามซึ่งควบคุมระดับความสุขตามดัชนีสีเปลือกกล้วย (Peel Color Index; PCI) ระดับที่ 3 เปลือกกล้วยมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง มีค่าสี L^* a^* และ b^* อยู่ในช่วง 63.16±0.46 -9.46±0.14 และ 43.77±0.56 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 23-24°Brix ขนาดผลยาว 8-10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-3.0 เซนติเมตร นำมาตัดขั้วออก ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นทรงกระบอกหนา 1 เซนติเมตร นำมาแช่ในสารละลายกรดซิตริก 1% (w/w) 3 นาที ทันทีเพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและวางพักบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ 2 นาที แล้วซับให้แห้ง นำกล้วยไข่ที่เตรียมไว้มาแช่ลงในสารละลายออสโมติก 4 ชนิด ดังนี้ 1) สารละลายโอลิโกฟรุคโตส 45% (w/w) 2) สารละลายซูโครส 45% (w/w) 3) สารละลายผสมระหว่างโอลิโกฟรุคโตส 45% (w/w) และโซเดียมคลอไรด์ 5% (w/w) และ 4) สารละลายผสมระหว่างซูโครส 45% (w/w) และโซเดียมคลอไรด์ 5% (w/w) กำหนดอัตราส่วนระหว่างชิ้นกล้วยไข่และสารละลายออสโมติกคือ 1:3 (w/w) ออสโมซิสที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักและหาความชื้นของชิ้นกล้วยไข่ในระหว่างการออสโมซิสทุก 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 9 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำชิ้นกล้วยไข่มาล้างน้ำเพื่อกำจัดสารละลายส่วนเกินออก โดยให้น้ำไหลผ่านชิ้นกล้วยไข่ 30 วินาที แล้วซับให้แห้ง แล้วคำนวณค่าการถ่ายเทมวลดังนี้

1) ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss; WL) คำนวณได้จาก

$$WL\ (\%) = \frac{(W_0 M_0 - W_t M_t) \times 100}{W_0}$$

2) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) คำนวณได้จาก

$$SG\ (\%) = \frac{[W_t (1-M_t) - W_0 (1-M_0)] \times 100}{W_0}$$

3) ปริมาณน้ำหนักที่ลดลง (Weight Reducing; WR) คำนวณได้จาก

$$WR\ (\%) = \frac{(W_0 - W_t) \times 100}{W_0}$$

เมื่อ W_0 และ W_t คือ น้ำหนักของตัวอย่างเริ่มต้นและหลังการออสโมซิส (กรัม) ตามลำดับ

M_0 และ M_t คือ ความชื้นของตัวอย่างเริ่มต้นและหลังการออสโมซิส (กรัมน้ำ/กรัมน้ำหนักตัวอย่าง) ตามลำดับ

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 13

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Figure 1a พบว่า เมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น ค่า WL ของทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 2 ชั่วโมงแรกของการออสโมซิส และตั้งแต่ในชั่วโมงที่ 6 ค่า WL เริ่มคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงแรกของการออสโมซิสเกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกภายในชิ้นกล้วยไข่และสารละลายออสโมติกภายนอกมาก การสูญเสียน้ำจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น เกิดการสะสมของน้ำที่แพร่กระจายออกมารอบๆ ชิ้นกล้วยไข่มากขึ้น สารละลายออสโมติกจึงมีความเข้มข้นลดลง เป็นผลให้ความแตกต่างของแรงดันออสโมติกน้อยลงจนเข้าสู่สมดุล ทำให้การสูญเสียน้ำลดลงและเริ่มคงที่ตามเวลาที่มากขึ้น (Camila และคณะ, 2012) จาก Table 1 พบว่า เมื่อออสโมซิสครบ 9 ชั่วโมง ทุกสิ่งทดลองมีค่า WL แตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยการใช้สารละลายผสมระหว่างซูโครสและโซเดียมคลอไรด์ ทำให้มีค่า WL สูงที่สุด (19.78%) รองลงมาคือ การใช้สารละลายผสมระหว่างโอลิโกฟรุคโตสและโซเดียมคลอไรด์ (16.73%) สารละลายซูโครส (12.25%) และสารละลายโอลิโกฟรุคโตส (7.78%) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลและโซเดียมคลอไรด์ ทำให้ชิ้นกล้วยไข่มีค่า WL เพิ่มสูงขึ้น คิดเป็น 38.07% และ 53.50% จากการใช้สารละลายซูโครสและโอลิโกฟรุคโตสเพียงอย่างเดียว ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากโซเดียมคลอไรด์มีความเป็นประจุสูง จึงละลายน้ำได้ดี สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และเยื่อหุ้มไซโตพลาซึมของเนื้อเยื่อพืชได้มาก นอกจากนี้การเติมโซเดียมคลอไรด์เป็นการเพิ่มความเข้มข้นของตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติก จึงมีผลให้เกิดแรงขับทำให้น้ำแพร่ออกได้มากขึ้นกว่าการใช้สารละลายน้ำตาลเพียงชนิดเดียว (Hatem และคณะ, 2010) และจากผลการทดลองพบว่า การใช้ซูโครสเป็นสารละลายออสโมติกทำให้มีค่า WL กว่าการใช้โอลิโกฟรุคโตส เนื่องจากซูโครสเป็นน้ำตาลประเภทไดแซคคาไรด์มีขนาดโมเลกุล (342.30 g/mol) ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าโอลิโกฟรุคโตส (มวลโมเลกุล 828 g/mol) ซึ่งเป็นน้ำตาลประเภทโพลีแซคคาไรด์จึงทำให้ซูโครสสามารถแพร่ผ่านเนื้อเยื่อได้ง่ายและมากกว่า

ส่งผลให้เกิดแรงขับให้น้ำสูญเสียออกจากเซลล์ได้ดีกว่า (Moazzam, 2012) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Matusek และคณะ (2008) ที่รายงานว่า การใช้ซูโครสเป็นสารละลายออสโมติกทำให้แอปเปิลมีค่า WL มากกว่าการใช้โอลิโกฟรุคโตส

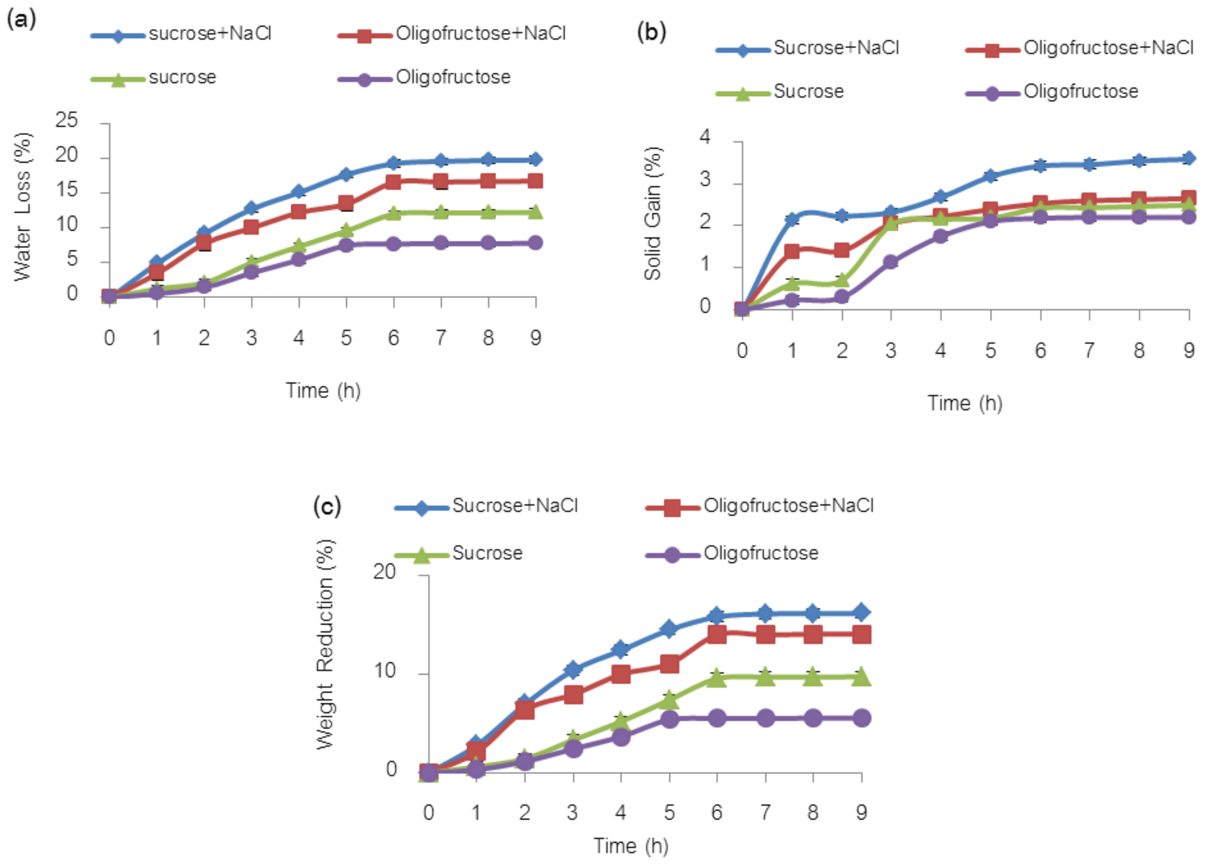


Figure 1 Effect of osmotic agents and process time on water loss (a) solid gain (b) and weight reduction (c)

จาก Figure 1b พบว่า เมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น ค่า SG ของทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีค่า SG อยู่ในช่วง 0.23-3.58% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า WL อยู่ในช่วง 0.56-19.78% มาก แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในชิ้นกล้วยไข่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่สูญเสีย เนื่องจากน้ำตาลและเกลือมีมวลโมเลกุลสูงกว่าน้ำจึงแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปภายในชิ้นกล้วยไข่ได้น้อยกว่า ปริมาณน้ำที่แพร่ออกจากชิ้นกล้วยไข่ ทำให้ภายในชิ้นกล้วยไข่มีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ค่า SG จึงต่ำกว่า WL มาก (Harris และคณะ, 1995) เมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น ตั้งแต่ในชั่วโมงที่ 6 ค่า SG และ WL มีแนวโน้มคงที่ ทั้งนี้สอดคล้องกับ Aminzadeh และคณะ (2010) ที่รายงานว่า การสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็วและการเพิ่มขึ้นของสารละลายออสโมติกที่บริเวณผิวหน้าของเมลอนในช่วงแรกของการออสโมซิส ทำให้บริเวณผิวหน้าชิ้นเมลอนเกิดการหดตัว จึงทำให้การถ่ายเทมวลสารของน้ำและของแข็งลดลงเมื่อเวลาในการออสโมซิสนานขึ้น จาก Table1 พบว่า เมื่อออสโมซิสครบ 9 ชั่วโมง ทุกสิ่งทดลองมีค่า SG แตกต่างกัน ($p<0.05$) ทั้งนี้มีแนวโน้มค่าSG คล้ายกับกรณีค่า WL กล่าวคือ การใช้สารละลายผสมระหว่างซูโครสและโซเดียมคลอไรด์ทำให้มีค่า SG สูงที่สุด (3.58%) รองลงมาคือ การใช้สารละลายผสมระหว่างโอลิโกฟรุคโตสและโซเดียมคลอไรด์ (2.65%) สารละลายซูโครส (2.49%) และสารละลายโอลิโกฟรุคโตส (2.20%) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลและโซเดียมคลอไรด์สามารถเพิ่ม ปริมาณของแข็งในผลไม้ได้ ทั้งนี้เนื่องจากการเติมโซเดียมคลอไรด์เป็นการเพิ่มปริมาณตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกจึงเพิ่มโอกาสการแพร่ของตัวถูกละลายเข้าไปในชิ้นกล้วยไข่ได้มากขึ้น นอกจากนี้มีรายงานว่าโซเดียมคลอไรด์สามารถขัดขวางการเกิดผลึกของน้ำตาลที่บริเวณผิวหน้าของชิ้นผลไม้ได้ จึงไม่ขัดขวางการแพร่ของน้ำและของแข็งในระหว่างการออสโมซิส (Charles, 2010) และจากผลการทดลองพบว่า การใช้สารละลายซูโครสทำให้ชิ้นกล้วยไข่มีค่า SG มากกว่าการใช้โอลิโกฟรุคโตสตลอดเวลาการออสโมซิส เนื่องจากซูโครสมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าโอลิโกฟรุคโตส จึงมีโอกาสแพร่ผ่านเยื่อเลือกผ่านเข้าไปในชิ้นกล้วยไข่ได้มากกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Matusek และคณะ (2008) ที่รายงานว่า การใช้ซูโครสเป็นสารละลายออสโมติกทำให้ชิ้นแอปเปิลมีค่า SG มากกว่าโอลิโกฟรุคโตส 2 เท่า ค่า WR เป็นค่าที่แสดงถึงน้ำหนักที่ลดลงสุทธิ ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณน้ำที่

สูญเสียไปจากชิ้นอาหารกับปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในชิ้นกล้วยไข่ จาก Figure 1c พบว่า ค่า WR ทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้ม เช่นเดียวกับค่า WL และ SG (Figure 1a และ Figure 1b) และเนื่องจากค่า SG มีค่าน้อยกว่า WL มาก ดังนั้นน้ำหนักที่ลดลงซึ่งแสดงด้วยค่า WR จึงเป็นผลมาจาก WL เป็นสำคัญ จาก Table1 พบว่า เมื่อออสโมซิสครบ 9 ชั่วโมง การใช้สารละลายผสมระหว่างซูโครสและโซเดียมคลอไรด์ ทำให้มีค่า WR มากที่สุด (16.20%) รองลงมาคือ การใช้สารละลายผสมระหว่างโอลิโกฟรุคโตสและโซเดียมคลอไรด์ (14.08%) สารละลายซูโครส (9.76%) และสารละลายโอลิโกฟรุคโตส (5.58%) ตามลำดับ

Table 1 Water Loss (WL%) Solid Gain (SG%) and Weight Reduction (WR%) of different osmotic agents during osmosis dehydration of Kluai Khai (Musa AA Group) for 9 h.

Treatments	Mean±SD		
	WL (%)	SG (%)	WR (%)
Oligofructose	$7.78^{d}\pm0.06$	$2.20^{c}\pm0.09$	$5.58^{d}\pm0.08$
Sucrose	$12.25^{c}\pm0.04$	$2.49^{b}\pm0.16$	$9.76^{c}\pm0.12$
Oligofructose and NaCl	$16.73^{b}\pm0.10$	$2.65^{b}\pm0.15$	$14.08^{b}\pm0.22$
Sucrose and NaCl	$19.78^{a}\pm0.05$	$3.58^{a}\pm0.05$	$16.20^{a}\pm0.05$

$^{a\text{-}d}$ Difference letters in the same column indicated significant difference ($p< 0.05$).

สรุปผล

การเตรียมสารละลายออสโมติกโดยใช้โอลิโกฟรุคโตส ซูโครส และโซเดียมคลอไรด์มีผลต่อค่าการถ่ายเทมวลในกระบวนการออสโมซิสกล้วยไข่ การใช้สารละลายซูโครสทำให้มีค่าการถ่ายเทมวลมากกว่าการใช้สารละลายโอลิโกฟรุคโตส ($p<0.05$) และการเติมโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายน้ำตาลสามารถเพิ่มค่าการถ่ายเทมวลให้เพิ่มขึ้นได้ ($p<0.05$) การใช้สารละลายผสมระหว่างซูโครสและโซเดียมคลอไรด์ทำให้กล้วยไข่มีค่า WL SG และ WR สูงที่สุด เท่ากับ 19.78 3.58 และ 16.20% ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

อ่อนรวี รัตนาพันธ์, 2533, หลักการทำแห้งผลไม้ด้วยวิธีออสโมซิส, วารสารเทคโนโลยีการอาหาร, 20(4):240-245.

Aminzadeh, R., Abarzani, M. and Sargolzaei, J., 2010, Preserving melon by osmotic dehydration in a ternary system, World Academy of Science, Engineering and Technology, 44:1337-1343.

Camila, D.M.C., Ana, C.K.S., Renata, V.T., Miriam, D.H. and Rosiane, L.C., 2012, Effect of process variables on the osmotic dehydration of star-fruit slices, Cienc. Tecnol. Aliment., Campinas, 32(2):357-365.

Charles, T., 2010, A review of osmodehydration for food industry, African Journal of Food Science, 4(6):303-324.

Gibson, G.R., 2004, Fiber and effects on probiotics (the prebiotic concept), Clinical Nutrition Supplements, 1:25-31.

Harris, N.L., Eugene, K. and Athanasios, N., 1995, Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake, Journal of Food Engineering, 25:151-166.

Hatem, S.A., Hesham, A.M., Mostatfa, T.R. and Gamal, H.R., 2010, Osmotic dehydration of banana rings and tomato halves, Journal of American Science, 6(9):383-390.

Matusek, A., Czukor, B. and Meresz, P., 2008, Comparison of sucrose and fructo-oligosaccharides as osmotic agents in apple, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9:365–373.

Moazzam, R.K., 2012, Osmotic dehydration technique for fruit preservation-A review, Pakistan Journal of Food Sciences, 22(2):71-85.

การใช้ฟิล์มพอลิพรอพิลีนดัดแปรเพื่อรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวโพดฝักอ่อน *Zea mays* L. พันธุ์ PA271

Use of Modified Polypropylene Film to Maintain Postharvest Quality of Baby Corn *Zea mays* L. cv. PA271

ปริยกร เพ็ชรรัตน์[1] รัตนวรรณ มกรพันธุ์[2] และ กนกวรรณ เสรีภาพ[1]
Petcharut, P.[1], Magaraphan, R.[2] and Seraypheap, K.[1]

Abstract

Use of modified polypropylene (PP) film to maintain postharvest quality of baby corn (*Zea mays* L.) cv. PA271 stored at cold temperature (5°C) for 28 days was investigated. The results showed that modified PP+clay and PP+clay+5%magnetite could prolong quality of baby corn better than control treatment. Baby corns packed in modified PP film had lower respiration rate when compared to the control treatment throughout the storage period, although no significant differences were observed. Modified PP also suppressed the production of fiber and maintained firmness of baby corn, which resulted in less toughness. The increases in polyphenol oxidase (PPO) activities were observed during storage, which resulted in browning of baby corns. Use of modified PP film maintained PPO in lower level than the control treatment on day 28 of storage. After 4 weeks of storage, ascorbic acid contents were decreased and showed no significant difference among treatments. Taken together, modified polypropylene film can prolong postharvest quality of baby corn PA271 by maintaining firmness and overall appearance.
Keywords: modified polypropylene film, *Zea mays* L. cv. PA271, polyphenol oxidase

บทคัดย่อ

การใช้ฟิล์มพอลิพรอพิลีนดัดแปรเพื่อรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวโพดฝักอ่อน (*Zea Mays* L.) พันธุ์ PA271 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (5°C) เป็นเวลา 28 วัน พบว่าฟิล์มพอลิพรอพิลีนดัดแปร PP+clay และฟิล์มพอลิพรอพิลีน ดัดแปร PP+clay+5%magnetite สามารถรักษาคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุม ข้าวโพดฝักอ่อนที่ บรรจุในฟิล์มพอลิพรอพิลีนดัดแปร มีอัตราการหายใจต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุมตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาแม้จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าฟิล์มพอลิพรอพิลีนดัดแปรยังช่วยยับยั้งการสร้างเส้นใยและคงความ แน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งส่งผลให้ข้าวโพดฝักอ่อนมีความเหนียวน้อย ส่วนแอกติวิตีของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) เพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง ทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนเกิดเป็นสีน้ำตาล การใช้ฟิล์มพอลิพรอพิลีนดัดแปรสามารถคงระดับ แอกติวิตีของ PPO ให้ต่ำกว่าชุดทดลองควบคุมได้ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ภายหลังการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนเป็น เวลา 4 สัปดาห์พบว่าปริมาณวิตามินซีในทุกชุดการทดลองลดลงและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น ฟิล์มพอลิ-พรอพิลีนดัดแปรสามารถรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ PA271 โดยการคงความแน่นเนื้อและ ลักษณะภายนอกโดยรวมได้
คำสำคัญ: ฟิล์มพอลิโพรพิลีนดัดแปร ข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ PA271 พอลิฟีนอลออกซิเดส

คำนำ

ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก โดยมีการส่งออกสูงทั้งในรูป แบบฝักสด แช่แข็ง และแช่น้ำเกลือบรรจุกระป๋อง ข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋องมีปริมาณการส่งออกสูงสุดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ถึง 2552 คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 1,640 ล้านบาทในแต่ละปี (สำนักงานบริการข้อมูลสารสนเทศ, 2552) และมีการส่ง ออกไปหลายประเทศ นอกจากนี้ข้าวโพดฝักอ่อนมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยพบว่าข้าวโพดอ่อนฝักสดน้ำหนัก 100 กรัม มีกากใยอาหารและวิตามินซี 8% และ 23% ตามลำดับ (U.S. Department of Agriculture, 2011) อย่างไรก็ดีพบว่ามูลค่าของ ข้าวโพดฝักอ่อนแบบฝักสดเมื่อคิดเป็นราคาต่อกิโลกรัม จะสามารถขายได้ในราคาที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการส่ง ออกรูปแบบอื่น ปัญหาที่เกิดขึ้นกับ

[1] หน่วยปฏิบัติการวิจัยสิ่งแวดล้อมและสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
[1] Environment and Plant Physiology Research Unit, Dept. of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok Thailand 10330
[2] วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี 254 ซอยจุฬาลงกรณ์ 12 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
[2] The Petroleum and Petrochemical College, 254 Soi Chulalongkorn 12 Phayathai Rd., Wangmai, Patumwan, Bangkok Thailand 10330

การส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนในรูปแบบฝักสดนั้นมีหลายประการ ได้แก่ การเกิดสีน้ำตาลอันเป็นผลจากบาดแผลหรือรอยช้ำที่เกิดขึ้นขณะตัดแต่งและบรรจุ การเกิดการฉ่ำน้ำที่มีสาเหตุจากการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ การสูญเสียน้ำหนักสดเนื่องจากการคายน้ำและการหายใจ ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียความแน่นเนื้อ รวมทั้งการสูญเสียเนื่องจากกระบวนการทางสรีรวิทยาอื่นๆ ของพืช ปัญหาที่เกิดขึ้นเหล่านี้มักเกิด ขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวประมาณ 5–7 วัน ทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนมีคุณภาพลดลง และไม่เป็นที่ยอมรับทางการตลาด (สุภาพร, 2552) จึงเป็นอุปสรรคต่อการส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนในรูปแบบฝักสดไปยังตลาดต่างประเทศ

การยืดอายุผลผลิตทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยวิธี Modified atmosphere packaging (MAP) นับเป็นเทคนิคการยืดอายุผลผลิตสด หรือผลผลิตตัดแต่งวิธีหนึ่ง ซึ่งทำโดยการปรับสภาพบรรยากาศรอบผลผลิตภายในบรรจุภัณฑ์ ทำให้องค์ประกอบของแก๊สภายในบรรจุภัณฑ์นั้นเปลี่ยนแปลงไป โดยการปรับนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชผัก ชนิดของบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิการเก็บรักษา ซึ่งมักทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วน CO_2 ให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น ในขณะที่ O_2 มีความเข้มข้นต่ำลง สภาพบรรยากาศดัดแปรดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของผลผลิต การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของแก๊สในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถชักนำให้ผลผลิตภายในบรรจุภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางสรีรวิทยาลดลง (Farber และคณะ, 2003; Kader, 1986; Saltveit, 1997; Sandhya, 2010) ผลผลิตจึงมีอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายยาวนานขึ้น การใช้ MAP ที่มีผลต่อการรักษาระดับความเข้มข้นของแก๊ส รอบผลผลิตที่ประกอบด้วย CO_2 สูง และ O_2 ต่ำยังส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย (Farber และคณะ, 2003) การใช้ MAP เพื่อยืดอายุผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวนั้นประสบความสำเร็จกับพืชหลายชนิดทั้งในบร็อคโคลี กะหล่ำดอก แครอท กระเทียมปอกเปลือก (Lee และคณะ, 2000) จากการศึกษาของ Antmann และคณะ (2008) พบว่าการลดความชื้นที่มีในบรรจุภัณฑ์โดยการเจาะรูสามารถลดการเน่าเสียของผลผลิตได้ แต่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักสดและทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง จึงมี การพัฒนาชนิดของฟิล์มที่มีรูพรุนขนาดเล็กในตัวเอง (microperforated film) เพื่อประโยชน์ในการทำ MA ให้มี CO_2 เพิ่มขึ้น และ O_2 ต่ำลง ในขณะเดียวกันก็สามารถรักษาความชื้นให้ผลผลิตไม่สูญเสียน้ำในอัตราที่สูงเกินไป หรือมีความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์สูงเกินไป และยังมีศักยภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างภายนอกและภายในบรรจุภัณฑ์ไม่ให้มีการสะสมของ CO_2 มากไปจนอาจทำให้เกิดกระบวนการหมัก โดยมีการศึกษาการใช้ microperforated film กับผักผลไม้หลายชนิด ทั้งข้าวโพด หวาน (Aharoni และ Richardson, 1997) เชอร์รี่และเนกทารีน (Lurie และ Aharoni, 1998) พบว่าการใช้ฟิล์มชนิดนี้ทำให้มี อัตราการหมุนเวียนของแก๊สผ่านเข้าออกได้ดี ทำให้สามารถลดความชื้นในบรรจุภัณฑ์ได้ดี

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ฉลาด ทั้งในรูปแบบถุงพลาสติกและฟิล์มต่างๆ ที่มีคุณสมบัติในการควบคุม ปริมาณแก๊สที่ผ่านเข้าออก โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดอัตราการหายใจและการคายน้ำของผลผลิตสดทางการเกษตร ซึ่งจะส่งผล ต่อการลดการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ชะลอการสลายน้ำตาล ลดการเกิดสีน้ำตาล และลดการเกิดการฉ่ำน้ำ โดยผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาเพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นฟิล์มชนิด polyethylene (PE) ที่มีการผสม clay และ magnetite เพื่อทำให้บรรจุภัณฑ์มีกลไกการสกัดกั้นการซึมผ่านของแก๊ส การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาผลของการใช้ฟิล์มพอลิโพรพิลีน (PP) ที่มีการผสม clay และ magnetite ในการชะลอการเสื่อมสภาพของข้าวโพดฝักอ่อนในด้านต่างๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ PA271 จากบริษัท KPS โดยคัดเลือกฝักที่สมบูรณ์ ไม่มีรอยหัก หรือช้ำที่ฝัก บรรจุข้าวโพดฝักอ่อนในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มขนาด 10” x 6” ถุงละ 5 ฝัก โดยมีชุดการทดลอง 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ polypropylene (T1) บรรจุภัณฑ์ polypropylene+1% clay (T2) และบรรจุภัณฑ์ polypropylene+1% clay+5% magnetite (T3) เก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิ 5°C บันทึกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของข้าวโพดฝักอ่อน ในวันที่ 0, 21, และ 28 โดยบันทึกคะแนนลักษณะภายนอก (ฉัตรวรุณ, 2549) วิเคราะห์อัตราการหายใจด้วยเครื่อง gas chromatography วัดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง fruit hardness tester รุ่น FHR-1 วัดปริมาณเส้นใย ตรวจสอบแอกติวิตีของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) และวัดปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid) และเปรียบเทียบการเปลี่ยน แปลงที่เกิดขึ้นโดยการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ PA271 ในบรรจุภัณฑ์ polypropylene (T1) บรรจุภัณฑ์ polypropylene+1% clay (T2) และ บรรจุภัณฑ์ polypropylene+1% clay+5% magnetite (T3) ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 5ºC เป็นเวลา 28 วัน มีคะแนนลักษณะภายนอกลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดย T3 เป็นชุดการทดลองที่ยังสามารถคงคุณภาพภายนอกของข้าวโพดฝักอ่อนได้ดีที่สุดและมีความแตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจาก T2 และ T1 (Figure 1A) นอกจากนี้ พบว่า ฟิล์มพอลิพรอพิลีนดัดแปร T2 และ T3 สามารถคงความแน่นเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อนได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัย สำคัญ (Figure 1B) ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากการที่ฟิล์มพอลิพรอพิลีนดัดแปรสามารถสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปรที่สามารถยับยั้งการ ทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายผนังเซลล์ได้ จากการทดลองพบว่า T3 สามารถยับยั้งการสร้างเส้นใย อาหารได้ดีที่สุด (Figure 2A) ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตภายในบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวมีความเหนียวน้อย ซึ่งเป็นผลดีต่อคุณภาพและ เป็นที่ยอมรับทางการตลาด ของข้าวโพดฝักอ่อน

ผลผลิตสดข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุในฟิล์มพอลิพรอพิลีนดัดแปรมีอัตราการหายใจต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุมตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาแม้จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 2B) พบว่าอัตราการหายใจของข้าวโพดฝักอ่อนมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับการทดลองของญาดา (2549) ได้รายงานว่าผลผลิตสดหลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีชีวิตอยู่ จึงมีการใช้ปริมาณแก๊สในบรรจุภัณฑ์มาใช้ในการหายใจ ซึ่งในตอนแรกอัตราการหายใจจะสูงเนื่องจากปริมาณของแก๊สออกซิเจน ยังสูงอยู่และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ยังมีน้อย หลังจากนั้นอัตราการหายใจจะค่อยๆ ลดลงตามการลดลงของปริมาณแก๊สออกซิเจนและการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ส่วนแอกติวิตีของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) เพิ่มสูงขึ้นในทุกชุดการทดลองทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนเกิดสีน้ำตาลเช่นเดียวกับการทดลองของ Barbagallo และคณะ (2012) ที่พบว่าพริกหวานมีแอกติวิตีของ PPO เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่าการใช้ฟิล์มพอลิพรอพิลีนดัดแปรสามารถคงระดับแอกติวิตีของ PPO ให้ต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุมได้ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 2C) สอดคล้องกับลักษณะภายนอกที่สังเกตุเห็นได้ว่าข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ T2 และ T3 เกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า T1

ปริมาณวิตามินซีเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถใช้บ่งบอกความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในสิ่งมีชีวิตได้ จากผล การทดลองพบว่า ภายหลังการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ปริมาณวิตามินซีในทุกชุดการทดลองลดลงและ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 2D) สอดคล้องกับการทดลองของ Ye และคณะ (2012) ที่ได้ทำการตรวจสอบ ปริมาณวิตามินซีจากเห็ดชิทาเกะที่เก็บรักษาใน MAP ที่อุณหภูมิต่ำ พบว่า ปริมาณวิตามินซีจะลดลงตามการเก็บรักษาที่ยาว นานขึ้น

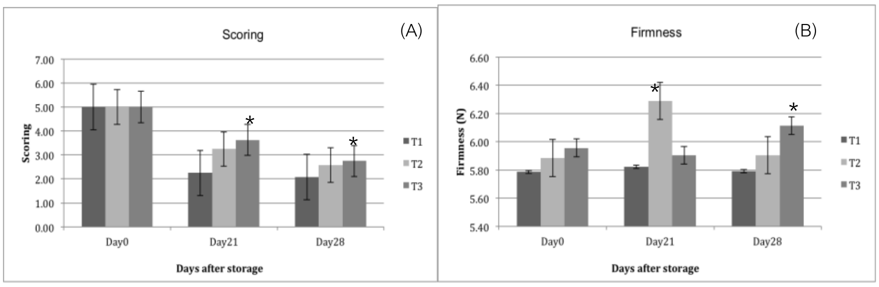


Figure 1 Effect of modified polypropylene (PP) film on (A) Appearance scoring and (B) Firmness of of baby corn (*Zea mays* L.) cv. PA271

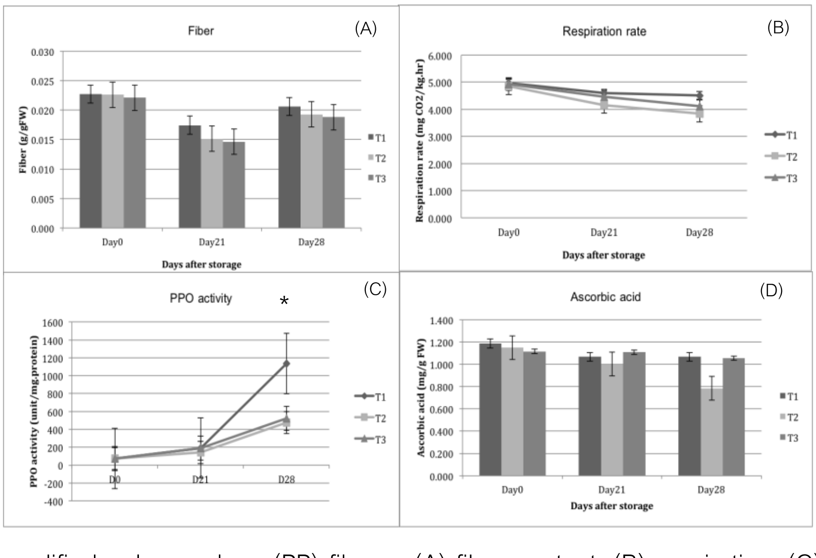


Figure 2 Effect of modified polypropylene (PP) film on (A) fiber content, (B) respiration, (C) polyphenol oxidase activity and (D) vitamin C content of of baby corn (*Zea mays* L.) cv. PA271

สรุปผล

ฟิล์มพอลิพรอพิลีนดัดแปร polypropylene+1% clay+5% magnetite (T3) สามารถรักษาคุณภาพหลังการเก็บ เกี่ยวข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ PA271 ได้ดีที่สุดเป็นเวลา 21 วันหลังจากการเก็บรักษา โดยสามารถคงความแน่นเนื้อและรักษาลักษณะภายนอกได้ดีที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานการอุดมศึกษา (รหัสโครงการ FW649A) และภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

ฉัตรวรุณ พจนการุณ, 2548, ผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานต่อการรักษาคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อน *Zea mays* L. ระหว่างการเก็บรักษา, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาพฤกษศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ญาดา จันทรสมบูรณ์, 2549, ผลของการบรรจุที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาพริกขี้หนูสด, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการบรรจุ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานบริการข้อมูลและสารสนเทศ, 2552, สถิติการส่งออก (Export) หมวดพืชผัก ปี 2544-2552, [สืบค้น], http://www.idis.ru.ac.th/report/index.php?topic=547.0 [15/ October/ 12]

สุภาพร สาครเย็น, 2552, ระบบการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อน, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, คณะทรัพยากรธรรมชาติและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Aharoni, Y. and Richardson, D.G., 1997, New, higher water permeable films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables, prolonged MAP storage of sweet corn, Proceedings: Vegetables and Ornamentals, pp. 73-77.

Barbagallo, N.R., Chisari, M. and Patane, C., 2012, Polyphenol oxidase, total phenolic and ascorbic acid changes during storage of minimally processed ‘California Wonder’ and ‘Quadroto d’Asti’ sweet peppers, LWT–Food Science and Technology, 49:192-196.

Farber, J.N., Harris L.J., Parish, M.E., Beuchat, L.R., Suslow, T.V., Gorney, J.R., Garrett, E.H., Busta, F.F., 2003, Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2:142-160.

Kader, A.A., 1986, Biochemical and physiological basic for effects of controlled atmosphere on fruits and vegetables, Food Technology, 40:99-104.

Lee, D.S., Kang, J.S., and Renault, P., 2000, Dynamics of internal atmospheres and humidity in perforated packages of peeled garlic cloves, International Journal of Food Science and Technology, 37:255.

Lurie, S., and Aharoni, N., 1998, Modified atmosphere storage of stone fruits, CIPA Proceedings of the International Congress for Plastics in Agriculture, Israel, p. 536-541.

Saltveit, M.E., 1997, A summary of CA and MA requirements and recommendations for harvested vegetables, Proceedings of the 7th International Controlled Atmosphere Research Conference, CA., USA, pp. 98–117.

Sandhya, 2010, Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs.: A review. LWT–Food Science and Technology, 43:381-392.

U.S. Department of Agriculture, 2011, National Nutrient Database for Standard Reference. [Online]. Available: http://ndb.nal.usda.gov [October 2, 2012].

Ye, J., Li, J., Han, X., Zhang, L., Jiang, T. and Xia, M., 2012. Effects of active modified atmosphere packaging on postharvest quality of shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) stored at cold storage, Journal of Integrative Agriculture, 11:474-482.

การพัฒนาสูตรซุปเพื่อสุขภาพกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้งที่มีโซเดียมต่ำจากแป้งมันเทศผสมใบมะรุมผง

Formulation Development of Healthy Dry Soup Mix Contained Low Sodium from Sweet Potato Flour Mixed with Moringa Leave Powder

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1] และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1]

Limroongreungrat, K.[1] and Yuenyongputtakal, W.[1]

Abstract

This research aim was to develop formulation of healthy dry soup mix from sweet potato flour (SPF) mixed with moringa leave powder. In order to reduce the sodium content of dry soup mix, the levels of sodium chloride in soup mix formulation was substituted with potassium chloride (KCl). Potato flour, a major ingredient in soup mix formulation, was substituted with SPF (0, 25, 50, 75 and 100% by flour weight). Then, potassium chloride substitution at the levels of 0, 10, 20, 30, 40 and 50% by salt weight were carried out. Viscosity of soup decreased as the amounts of SPF increased. Sensory evaluation results indicated that the soup with 50% SPF and 30% KCl received the highest overall acceptability score. Moringa leave powder (0, 1, 2, 3, 4%) was added in the dry soup mix formulation. The soup with 2% moringa leave powder had the highest ratings for overall acceptance, and higher contents of protein, crude fiber and calcium than the soup without moringa leave powder.

Keywords: dry soup mix, sweet potato flour, moringa leave powder, low sodium

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ซุปเพื่อสุขภาพกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้งจากแป้งมันเทศผสมใบมะรุมผง โดยใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนโซเดียมคลอไรด์เพื่อลดปริมาณเกลือโซเดียมในส่วนผสมซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้ง โดยศึกษาปริมาณของแป้งมันเทศ (0, 25, 50, 75 และ 100% โดยน้ำหนักแป้ง) ที่ใช้ทดแทนแป้งมันฝรั่งซึ่งเป็นส่วนผสมหลักในสูตรซุปกึ่งสำเร็จรูป จากนั้นศึกษาปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ใช้ทดแทนโดยแปรปริมาณเป็น 0, 10, 20, 30, 40 และ 50% โดยน้ำหนักเกลือ พบว่า ความหนืดของซุปมีค่าลดลงเมื่อปริมาณแป้งมันเทศเพิ่มขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าซุปที่ทดแทนด้วยแป้งมันเทศ 50% และเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ 30% มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ต่อมาศึกษาการเติมใบมะรุมผง (0, 1, 2, 3 และ 4%) ลงในสูตรซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้ง พบว่าซุปที่เติมใบมะรุมผง 2% มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด และมีปริมาณโปรตีน เส้นใย และแคลเซียมสูงกว่าซุปที่ไม่เติมใบมะรุมผง

คำสำคัญ: ซุปกึ่งสำเร็จรูปแบบแห้ง แป้งมันเทศ ใบมะรุมผง โซเดียมต่ำ

คำนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้รับความสนใจจากผู้บริโภคเพิ่มขึ้น ซุปเป็นอาหารที่นิยมบริโภคเป็นอาหารเช้าหรือเป็นอาหารชุดแรกก่อนที่จะรับประทานอาหารหลัก (main course) เหมาะที่จะเป็นอาหารสำหรับผู้ป่วย เด็ก และผู้สูงอายุ แต่เนื่องจากขั้นตอนในการเตรียมซุปค่อนข้างยุ่งยากและใช้เวลานาน ซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้งจึงเป็นทางเลือกที่ดีให้กับผู้บริโภคและเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น เนื่องจากมีจุดเด่น คือ มีความสะดวกรวดเร็วในการเตรียม อีกทั้งเป็นอาหารที่สามารถเก็บรักษาได้นาน สูตรซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้งส่วนใหญ่นิยมทำจากแป้งมันฝรั่งซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ แต่ในประเทศไทยมีมันเทศซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถปลูกได้ง่าย และมีราคาไม่แพง อีกทั้งยังมี คุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะมันเทศชนิดเนื้อสีเหลืองเป็นแหล่งเบต้าแคโรทีนจึงมีส่วนช่วยบำรุงสายตา เสริมสร้างระบบคุ้มกันของร่างกาย ลดความเสี่ยงต่อโรคต่างๆ นอกจากนี้ยังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต วิตามินเอ วิตามินซีสูงกว่ามันฝรั่ง จึงเหมาะที่จะนำแป้งมันเทศมาใช้ทดแทนแป้งมันฝรั่งในผลิตภัณฑ์ซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้ง อย่างไรก็ตามซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้ง มักมีการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ในปริมาณสูง โดยปริมาณโซเดียมสูงมีผลทำให้ระดับความดันโลหิตสูงขึ้น (Frank, 2001) การลดปริมาณโซเดียมคลอ

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsean, Chonburi 20131

ไรด์ทำได้โดยการทดแทนด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพในปัจจุบันนิยมเสริมพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการและสรรพคุณทางยา ใบมะรุมผงเป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน แร่ธาตุ วิตามิน และสารต้านออกซิเดชันหลายชนิด (Anwar และคณะ, 2007) เหมาะที่จะนำมาเติมในผลิตภัณฑ์ซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้ง งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ซุปกึ่งสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพเพื่อเป็นทางเลือกใหม่สำหรับตลาดผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแป้งมันเทศและแป้งมันฝรั่ง

โดยนำหัวมันเทศและมันฝรั่งล้างน้ำ เพื่อกำจัดเศษดินที่ติดมากับเปลือก ปอกเปลือก สไลด์เป็นแผ่นบางโดยใช้เครื่องสไลด์ให้มีความหนา 1 มิลลิเมตร แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% เป็นเวลา 5 นาที นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำไปบดโดยใช้เครื่องบดที่มีขนาดรูตะแกรง 0.75 มิลลิเมตร และบดให้ละเอียดอีกครั้งด้วยเครื่องบดที่มีขนาดรูตะแกรง 0.5 มิลลิเมตร นำแป้งมันเทศและแป้งมันฝรั่งที่เตรียมได้มาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช

การพัฒนาสูตรซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้ง

1. ศึกษาหาปริมาณแป้งมันเทศที่เหมาะสมที่ใช้ทดแทนแป้งมันฝรั่ง

แปรปริมาณแป้งมันเทศที่ใช้ทดแทนแป้งมันฝรั่งใช้สูตรซุป 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100% โดยน้ำหนักแป้ง เตรียมส่วนผสมซุปโดยใช้สูตรที่ดัดแปลงจากสูตรซุปผักของ Abeysinghe และ Illeperuma (2006) ซึ่งประกอบด้วยแป้งมันฝรั่ง 33% ผักอบแห้ง 32% โปรตีนถั่วเหลือง 18% เกลือ 10% น้ำตาล 2% พริกไทย 1% ไขมันผง 4% เตรียมตัวอย่างซุปโดยนำซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้ง 50 กรัม เติมน้ำ 300 มิลลิลิตร นำไปต้มจนเดือดนาน 7 นาที พร้อมทั้งคนตลอดเวลา นำมาวิเคราะห์ความหนืดที่อุณหภูมิ 60°C โดยใช้ Brookfield viscometer และวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เลือกปริมาณแป้งมันเทศที่เหมาะสมที่ใช้ทดแทนแป้งมันฝรั่ง โดยพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด เพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2. ศึกษาหาปริมาณเกลือโพแทสเซียมที่เหมาะสมที่ใช้ทดแทนเกลือโซเดียม

แปรปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ใช้ทดแทนโซเดียมคลอไรด์เป็น 0, 10, 20, 30, 40และ 50%โดยน้ำหนักเกลือ นำมาวิเคราะห์คุณภาพเช่นเดียวกับข้อที่ 1 เลือกปริมาณเกลือโพแทสเซียมที่เหมาะสมที่ใช้ทดแทนเกลือโซเดียม โดยพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด เพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3. ศึกษาหาปริมาณใบมะรุมผงที่เหมาะสม

แปรปริมาณมะรุมผงเป็น 0, 1, 2, 3 และ 4% โดยน้ำหนักซุปแห้ง นำมาวิเคราะห์คุณภาพเช่นเดียวกับข้อที่ 1 เลือกปริมาณใบมะรุมผงที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด จากนั้นนำตัวอย่างซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้งที่พัฒนาได้มาวิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม ตามวิธีของ AOAC (1990)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ความหนืดของผลิตภัณฑ์ซุปที่มีการทดแทนแป้งมันฝรั่งด้วยแป้งมันเทศในปริมาณต่างๆ ที่อุณหภูมิ 60°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่นิยมรับประทานซุป พบว่า เมื่อปริมาณแป้งมันเทศเพิ่มขึ้น ความหนืดของซุปมีค่าลดลง (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดความหนืดของแป้งที่พบว่าแป้งมันเทศมีความหนืดต่ำกว่าแป้งมันฝรั่ง ซุปที่มีการใช้ปริมาณแป้งมันเทศเพิ่มขึ้นมีค่าความสว่าง (L*) ลดลงและค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่าความเป็นสีแดง (a*) อาจเนื่องจากแป้งมันเทศมีค่าความสว่างน้อยกว่าแป้งมันฝรั่ง นอกจากนี้ แป้งมันเทศยังเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีน (β-carotene) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลือง (Onuh และคณะ, 2004) จึงทำให้เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศมากขึ้นจึงทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองของซุปเพิ่มขึ้นด้วย ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Table 2) พบว่า เมื่อใช้แป้งมันเทศเพิ่มขึ้น (0-50%) ซุปได้คะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากแป้งมันเทศมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่าแป้งมันฝรั่ง ทำให้รสชาติของซุปมีความหวานเพิ่มขึ้น ส่วนคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่เมื่อใช้ปริมาณแป้งมันเทศเพิ่มขึ้นเป็น 75-100% คะแนนความชอบเกือบทุกด้านมีแนวโน้มลดลง ยกเว้นด้านเนื้อสัมผัสที่มีคะแนนเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากเมื่อใช้ปริมาณแป้งมันเทศทดแทนแป้งมันฝรั่งมากเกินไป ทำให้ซุปมีสีเหลืองเข้มเกินไป และมีรสชาติหวานเกินไป แต่ผู้ทดสอบชอบซุปที่มีความหนืดลดลง โดยซุปที่เติมแป้งมันเทศ 25 และ 50% ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ดังนั้นจึงเลือก

ปริมาณแป้งมันเทศ 50% มาใช้ทดแทนแป้งมันฝรั่งที่เติมในผลิตภัณฑ์ซุปผงกึ่งสำเร็จรูปชนิดแห้ง เนื่องจาก ต้องการทดแทนแป้งมันฝรั่งด้วยแป้งเทศปริมาณสูงที่สุดเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต นอกจากนี้แป้งมันเทศมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต วิตามินเอ วิตามินซี และเบต้าแคโรทีนสูง การใช้แป้งมันเทศในปริมาณที่สูงกว่าจึงช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์

การใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนโซเดียมคลอไรด์ทุกระดับไม่มีผลทำให้ซุปมีค่าความหนืด ค่าสี คะแนนความชอบในด้านสี และลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) เมื่อปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น คะแนนความชอบในทุกด้านมีแนวโน้มลดลง (Table 3) เนื่องจากโพแทสเซียมคลอไรด์มีรสขมและเฝื่อนลิ้นเล็กน้อย เมื่อนำมาเติมในผลิตภัณฑ์ซุปในปริมาณมากเกินไปจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ซุปมีรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับ โดยซุปที่เติมโพแทสเซียมคลอไรด์ 30% ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดและไม่แตกต่างกับตัวอย่างที่ไม่เติมโพแทสเซียมคลอไรด์ (0%)

เมื่อเติมใบมะรุมผงเพิ่มขึ้น ทำให้ซุปมีความหนืดเพิ่มขึ้น แต่มีค่า L* ค่า a* และค่า b* ลดลง โดยอาจเป็นผลมาจากใบมะรุมผงเป็นแหล่งของเส้นใยและโปรตีนที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ดี ทำให้ค่าความหนืดของซุปเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ใบมะรุมผงมี ค่า L* ค่า a* และค่า b* ต่ำกว่าแป้งมันเทศ และมีเฉดสีเขียว การเติมใบมะรุมผงเพิ่มขึ้นทำให้คะแนนความชอบในทุกด้านมีแนวโน้มลดลง โดยซุปที่เติมใบมะรุมผง 2% ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด (Table 4) และมีปริมาณโปรตีน (33.25%) เส้นใย (7.23%) และแคลเซียม (13.10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) สูงกว่าซุปที่ไม่เติมใบมะรุมผง

สรุปผล

สูตรซุปเพื่อสุขภาพกึ่งสำเร็จรูปที่เตรียมโดยใช้แป้งมันเทศทดแทนแป้งมันฝรั่ง 50% ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนโซเดียมคลอไรด์ 30% และเสริมด้วยใบมะรุมผง 2% ได้รับการยอมรับสูงสุด และมีปริมาณโปรตีน เส้นใย และแคลเซียมสูงกว่าซุปที่ไม่เติมใบมะรุมผง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ (ทุนอุดหนุนรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารอ้างอิง

Abeysinghe, C.P., and Illeperuma, C.K., 2006, Formulation of an MSG (Monosodium Glutamate) free instant vegetable soup mix, Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka, 34(2):91-95.

Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., and Gilani., A. H., 2007, Moringa oleifera: A food plant with multiple medicinal uses, Phytotherapy Research*,* 21(1):17-25.

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis. (15th ed), Association of Official Analytical Chemists Inc., Virginia, USA.

Frank, M., 2001, Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the dietary approaches to stop hypertension (DASH) diet, The New England Journal of Medicine, 1(344):3-10.

Onuh, J.O, Akpapunam, M.A, and Iwe, M.O., 2004, Comparative studies of the physic-chemical properties of two local varieties of sweet potato flour, Nigerain Food Journal, 22:141-146.

Table 1 Viscosity and color values (L*, a*, b*) of soup as affected by different substitution levels of sweet potato flour (SPF)

SPF (%)	Viscosity (cP)	L*	a*^{ns}	b*
0	532.95±11.13^{a}	53.18±0.34^{a}	6.70±0.43	28.92±0.35^{b}
25	487.43±6.56^{b}	52.57±0.12^{a}	7.09±0.51	29.88±0.47^{ab}
50	436.72±14.20^{b}	52.20±0.29^{b}	7.82±0.37	30.29±0.83^{ab}
75	392.18±6.25^{c}	51.34±0.37^{c}	7.36±0.82	30.17±0.51^{ab}
100	362.84±8.67^{d}	52.46±0.47^{d}	7.47±0.28	30.93±0.34^{a}

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

^{ns} Means within the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$)

Table 2 Sensory scores of soup as affected by different substitution levels of sweet potato flour (SPF)

SPF (%)	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
0	6.97±0.95^{a}	6.63±1.08^{a}	5.43±1.45^{bc}	5.53±1.48^{c}	5.83±1.16^{bc}
25	7.10±0.98^{a}	6.60±1.20^{a}	5.93±1.15^{ab}	5.63±1.38^{c}	6.27±1.15^{ab}
50	7.07±1.06^{a}	6.47±0.96^{a}	6.07±1.41^{a}	5.87±1.33^{bc}	6.53±1.20^{a}
75	6.43±1.14^{b}	6.43±1.02^{a}	5.83±1.29^{abc}	6.33±1.25^{ab}	5.73±1.34^{c}
100	5.47±1.18^{c}	5.97±1.22^{b}	5.33±1.44^{c}	6.53±1.31^{a}	5.60±1.14^{c}

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Table 3 Sensory scores of soup as affected by different substitution levels of potassium chloride (KCl)

KCl (%)	Color^{ns}	Odor	Taste	Texture^{ns}	Overall acceptability
0	6.07±1.36	6.00±1.18^{ab}	5.33±1.40^{ab}	5.27±1.46	5.57±1.45^{a}
10	6.03±1.33	6.17±1.16^{a}	4.87±1.69^{abc}	5.10±1.40	5.43±1.31^{ab}
20	5.80±1.11	6.13±1.18^{a}	5.47±1.84^{a}	5.30±1.39	5.67±1.66^{a}
30	5.90±1.14	6.10±1.19^{a}	5.23±1.73^{ab}	5.13±1.33	5.50±1.38^{ab}
40	5.87±1.48	5.60±1.23^{b}	4.43±1.63^{c}	5.30±1.59	5.00±1.48^{b}
50	5.93±1.29	5.63±1.17^{b}	4.77±1.63^{bc}	4.90±1.42	5.03±1.25^{b}

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

^{ns} Means within the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$)

Table 4 Sensory scores of soup as affected by different levels of moringa leave powder (MLP)

MLP (%)	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
0	7.30±0.46^{a}	7.20±0.60^{a}	7.10±0.83^{a}	7.00±0.63^{a}	7.40±0.49^{a}
1	6.10±0.94^{b}	6.00±1.09^{b}	6.00±1.10^{b}	6.00±1.00^{b}	6.10±0.83^{b}
2	6.20±0.90^{b}	6.00±0.66^{b}	6.10±0.75^{b}	6.00±0.80^{b}	6.30±0.92^{b}
3	5.70±0.74^{c}	5.40±0.44^{c}	5.20±0.70^{c}	5.40±0.63^{c}	5.50±0.46^{c}
4	5.00±0.50^{d}	4.80±0.75^{d}	4.60±0.80^{d}	5.00±1.00^{d}	5.00±0.77^{c}

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดอบพองจากแป้งเมล็ดขนุน

Development of Extruded Snack from Jackfruit Seed Flour

กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์[1] รุจิรารัตน์ โดยคำดี[1] และ สุวลี จันทร์ชลอ[1]

Limroongreungrat, K.[1], Doykumdee, R.[1] and Chanchalor, S.[1]

Abstract

This research aim was to develop snack food from jackfruit seed flour by extrusion process. The optimum ratio of rice flour (RF) to jackfruit seed flour (JSF) was investigated at the various ratios of RF to JSF (100:0, 70:30, 50:50, 30:70, 0:100), and extrusion parameters including screw speed (160, 200 rpm) and barrel temperature (105, 120, 135°C) were carried out. The extruded snack made from RF and JSF blend at the ratio of 30:70 had high expansion ratio (3.35), low bulk density (0.29 gm/cc^3) and received the highest ratings for overall acceptance. The snack product produced at 160 rpm screw speed and 135°c had the highest expansion ratio (4.21) and the lowest bulk density (0.13 gm/cc^3). Barbecue flavor at the levels of 0, 3, 6 and 9% by snack weight were added to improve snack flavor. The snack made from RF and JFS blend with 9% barbecue flavor had the highest rating for overall acceptance. The developed snack product had higher contents of ash, protein and crude fiber than extruded snack made from rice snack.

Keywords: snack food, jackfruit seed flour, extrusion

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งเมล็ดขนุนโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน โดยศึกษาหาอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งเมล็ดขนุนที่เหมาะสม โดยแปรอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งเมล็ดขนุน (100:0 70:30 50:50 30:70 และ 0:100) และศึกษาปัจจัยในการผลิตโดยเอกซ์ทรูชัน ได้แก่ ความเร็วรอบของสกรู (160 และ 200 รอบต่อนาที) และอุณหภูมิของบาร์เรล (105, 120 และ 135ºC) พบว่าขนมขบเคี้ยวที่ผลิตโดยใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งเมล็ดขนุน 30:70 มีอัตราการพองตัวสูง (3.55) มีความหนาแน่นต่ำ (0.29 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) และได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยขนมขบเคี้ยวที่ผลิตด้วยความเร็วรอบ 160 รอบต่อนาทีและอุณหภูมิ 135ºC มีอัตราการพองตัวสูงที่สุด (4.21) และมีความหนาแน่นต่ำ (0.13 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) จากนั้นเติมสารให้กลิ่นรสบาร์บีคิวเพื่อปรับปรุงรสชาติขนมขบเคี้ยวในปริมาณร้อยละ 0 3 6 และ 9 โดยน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งเมล็ดขนุนที่เติมสารให้กลิ่นรสบาร์บีคิวร้อยละ 9 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่พัฒนาได้มีปริมาณเถ้า โปรตีน และเส้นใย สูงกว่าขนมขบเคี้ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าล้วน

คำสำคัญ: ขนมขบเคี้ยว แป้งเมล็ดขนุน เอกซ์ทรูชัน

คำนำ

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว (Snack foods) เป็นอาหารว่างที่รับประทานได้ง่าย มีหลากหลายรูปแบบและรสชาติให้เลือกในปีพ.ศ. 2555 ตลาดขนมขบเคี้ยวมีมูลค่าสูงถึง 24,000 ล้านบาท (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2555) โดยวัตถุดิบที่ใช้เป็นองค์ประกอบหลักในการผลิตขนมขบเคี้ยว ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวโพด ข้าวสาลี มันสำปะหลัง และมันฝรั่ง อย่างไรก็ตามสารอาหารที่ได้จากขนมขบเคี้ยวส่วนใหญ่คือ คาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบหลักในวัตถุดิบและไขมันที่มาจากการทอดและการเคลือบกลิ่นรส แต่มีโปรตีนต่ำ แป้งเมล็ดขนุนเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่น่าสนใจนำมาผลิตขนมขบเคี้ยวเพื่อเพิ่มคุณค่าโภชนาการ โดยแป้งเมล็ดขนุนมีปริมาณโปรตีน เถ้า เส้นใย และไขมัน ร้อยละ 12.43, 3.06, 2.45 และ 0.66 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ดารารัตน์และคณะ, 2553) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาหาอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งเมล็ดขนุนที่เหมาะสม และภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวแบบกรอบพองโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ชนิดสกรูเดี่ยว

---

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsean, Chonburi, 20131

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาหาอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งเมล็ดขนุนที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยว

เตรียมแป้งเมล็ดขนุน ตามวิธีของ ดารารัตน์ และคณะ (2553) นำมาทำขนมขบเคี้ยวโดยแปรอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งเมล็ดขนุน อัตราส่วน 100:0, 70:30, 50:50, 30:70 และ 0:100 โดยน้ำหนัก ปรับความชื้นของแป้งผสมเป็น 15% นำแป้งผสมไปอัดผ่านเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์แบบสกรูเดี่ยวใช้ความเร็วรอบ 200 rpm ใช้อุณหภูมิของบาร์เรลในส่วนทางออกของผลิตภัณฑ์ 120°C (อาภัสราและคณะ, 2555) นำขนมขบเคี้ยวไปอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C จนมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 5 จากนั้นบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่ปิดสนิท เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ อัตราการพองตัว (Expansion ratio) ความหนาแน่น (Density) ตามวิธีของ Boonyasirigool และ Charunuch (2000) ค่าสีโดยใช้ Hunter Lab Colorimeter และค่าความแข็ง (Hardness) โดยใช้ TA-XT2 Texture Analyzer วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) รวมทั้งประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) เลือกอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าและแป้งเมล็ดขนุนที่เหมาะสมไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไปโดยพิจารณาจากตัวอย่างขนมขบเคี้ยวที่มีคะแนนด้านความชอบโดยรวมสูงสุด และพิจารณาอัตราการพองตัว ความหนาแน่น และแรงกดแตกร่วมด้วย

2. ศึกษาหาความเร็วรอบและอุณหภูมิบาร์เรลของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ชนิดสกรูเดี่ยวที่เหมาะสม

นำแป้งผสมตามอัตราส่วนที่เลือกได้ไปทำขนมขบเคี้ยวโดยใช้วิธีทำเช่นเดียวกับข้อที่ 1 แปรความเร็วรอบของสกรูเป็น 160 และ 200 rpm และอุณหภูมิของบาร์เรลเป็น 105 120 135°C นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับการทดลองข้อที่ 1 ทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT เลือกภาวะการผลิตที่เหมาะสมไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไปโดยพิจารณาจากตัวอย่างขนมขบเคี้ยวที่มีคะแนนด้านความชอบโดยรวมสูงสุด และพิจารณาอัตราการพองตัว ความหนาแน่น และแรงกดแตกร่วมด้วย

3. ศึกษาผลของปริมาณสารให้กลิ่นรสต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างขนมขบเคี้ยวที่คัดเลือกได้จากข้อที่ 2 ไปเคลือบสารให้กลิ่นรสบาร์บีคิว ตามวิธีของประชา (2542) โดยแปรปริมาณของสารให้กลิ่นรสร้อยละ 0 3 6 9 โดยน้ำหนักขนมขบเคี้ยว แล้วนำไปทดสอบด้านประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

นำตัวอย่างขนมขบเคี้ยวจากแป้งเมล็ดขนุนที่ผ่านการเคลือบสารให้กลิ่นรสในปริมาณที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดมาและขนมขบเคี้ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าล้วนที่ผ่านการเคลือบสารให้กลิ่นรสในปริมาณเดียวกัน มาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน เส้นใย คาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (1990)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อใช้ปริมาณแป้งเมล็ดขนุนเพิ่มขึ้น ขนมขบเคี้ยวมีอัตราการพองตัวและความหนาแน่นไม่แตกต่างกัน แต่มีความหนาแน่นต่ำสุดเมื่อใช้แป้งข้าวเจ้าล้วน (Table 1) ซึ่งโดยปกติแล้ว ค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์พองกรอบจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการพองตัวสูงจะมีความหนาแน่นต่ำ แต่จากการทดลองพบว่าอัตราการพองตัวมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ซึ่งมีอัตราการพองตัวอยู่ในช่วงเดียวกับที่ Mohamed (1990) ได้รายงานไว้ (3.06 – 3.83) ส่วนค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณแป้งเมล็ดขนุนเพิ่มขึ้น โดยขนมขบเคี้ยวที่ใช้อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งเมล็ดขนุน 50:50 มีความแข็งน้อยที่สุด ผลการวัดค่าสีพบว่าเมื่อใช้แป้งเมล็ดขนุนเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความสว่างลดลง ส่วนค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น (Table 1) เนื่องจากแป้งเมล็ดขนุนมีสีเหลืองมากกว่าแป้งข้าวเจ้า และมีค่าความสว่าง (94.97) ต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า (99.10) นอกจากนี้ คาร์โบไฮเดรตและโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในแป้งเมล็ดขนุนอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Table 2) พบว่า เมื่อใช้แป้งเมล็ดขนุนเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบในทุกด้านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากแป้งเมล็ดขนุนมีสีและกลิ่นรสที่เฉพาะ โดยมีคะแนนการยอมรับโดยรวมอยู่ในช่วงเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย (5.17 - 6.53 คะแนน) อย่างไรก็ตามเมื่อใช้แป้งเมล็ดขนุนล้วน คะแนนความชอบในด้าน สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีคะแนนลดลง อาจเป็นผลมาจากแป้งเมล็ดขนุนมีปริมาณน้ำตาลและโปรตีนสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีคล้ำขึ้น

เนื้อสัมผัสแข็ง โดยขนมขบเคี้ยวที่ใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งเมล็ดขนุน 30:70 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด มีอัตราการพองตัวสูงที่สุดและมีความหนาแน่นต่ำ

จากการศึกษาผลของปัจจัยร่วมระหว่างความเร็วรอบของสกรูและอุณหภูมิของบาร์เรล พบว่า อิทธิพลของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อความหนาแน่น ความแข็งของผลิตภัณฑ์ และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยขนมขบเคี้ยวที่ผลิตโดยใช้ความเร็วรอบ 160 rpm และอุณหภูมิ 135^{o}C มีความหนาแน่นต่ำที่สุด (Table 3) และมีอัตราการพองตัวสูงสุด (4.20) เมื่อความเร็วรอบและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของขนมขบเคี้ยวมีแนวโน้มลดลง จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อใช้ความเร็วรอบและอุณหภูมิที่ต่างกันทำให้ค่าที่ได้จากทางด้านลักษณะปรากฏของขนมขบเคี้ยว สีของขนมขบเคี้ยว กลิ่นรส รสชาติ จากการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แต่คะแนนทางด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีค่าใกล้เคียงกันยกเว้นที่ความเร็วรอบ 200 rpm และอุณหภูมิ 135^{o}C ที่มีค่าแตกต่างกัน จึงพิจารณาเลือกใช้ความเร็วรอบ 160 rpm และอุณหภูมิ 135^{o}C สำหรับศึกษาปริมาณสารให้กลิ่นรสต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่เหมาะสมต่อคุณภาพขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งเมล็ดขนุนในการทดลองขั้นต่อไป ขนมขบเคี้ยวที่เติมสารให้กลิ่นรสร้อยละ 9 ได้รับคะแนนทางด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มากกว่าสูตรอื่น ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งเมล็ดขนุน มีปริมาณโปรตีน เส้นใย และเถ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.63, 193.65 และ 494.59 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับขนมขบเคี้ยวที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าล้วน

สรุปผล

ขนมขบเคี้ยวที่ผลิตโดยใช้แป้งข้าวเจ้าต่อแป้งเมล็ดขนุนในอัตราส่วน 30:70 และผลิตโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์สกรูเดี่ยวที่ความเร็วรอบ 160 rpm และอุณหภูมิบาร์เรล 135^{o}C ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการพองตัวสูง ความหนาแน่น และค่าความแข็งต่ำ และได้คะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด การเติมสารให้กลิ่นรสบาร์บีคิวในปริมาณร้อยละ 6-9 ช่วยเพิ่มคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณโปรตีน เส้นใย และแร่ธาตุสูงกว่าขนมขบเคี้ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าล้วน

เอกสารอ้างอิง

ดารารัตน์ นาคละออ, อาภัสรา แสงนาค และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2553, ผลของการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นกรอบ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41 (3/1), 53-56.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2555, อุตสาหกรรมอาหาร: ขนมขบเคี้ยว [สืบค้น], http://www.kasikornresearch.com/TH/K-EconAnalysis/Pages/ViewSummary.aspx?docid=30534

อาภัสรา แสงนาค, อัญชลี เรืองเดช, กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และอุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ, 2555, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชั่นจากข้าวหอมนิล, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis. (15th ed), Association of Official Analytical Chemists Inc., Virginia, USA.

Boonyasirigool, P. and Charunuch, C., 2000, Development of corngrit-broken rice based snack food by extrusion cooking, Kasetsart Journal (Natural Science), 34:279-288.

Mohamed, S. ,1990, Factors affecting extrusion characteristic of expanded starch – based product, Journal of Food Processing Preservation, 14:437 – 452.

Table 1 Physical properties of extruded snacks as affected by ratios of rice flour (RF) to jackfruit seed flour (JFS)

Ratios of RF to JSF	Expansion ratio^{ns}	Density (g/cm^{3})	Hardness (N)	Color values		
				L*	a*	b*
100:0	3.57±0.07	0.14±0.00^{b}	46.72±7.17^{a}	74.21±0.48^{a}	0.49±.078^{d}	13.01±2.26^{c}
70:30	3.74±0.16	0.23±0.08^{ab}	38.67±7.41^{ab}	68.58±2.58^{b}	4.05±1.56^{c}	25.06±2.11^{b}
50:50	3.60±0.14	0.21±0.02^{ab}	32.05±3.98^{c}	62.94±2.29^{c}	6.89±1.99^{b}	28.47±1.81^{ab}
30:70	3.55±0.06	0.29±0.05^{a}	34.81±3.65^{bc}	60.73±0.89^{c}	9.94±0.37^{a}	31.13±1.05^{a}
0:100	3.54±0.07	0.27±0.03^{ab}	35.89±4.33^{bc}	61.69±0.02^{c}	9.96±0.96^{a}	31.01±0.66^{a}

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

^{ns} Means within the same column are not significantly different ($p \geq 0.05$)

Table 2 Sensory scores of extruded snack as affected by ratios of rice flour (RF) to jackfruit seed flour (JSF)

Ratios of RF to JSF	Appearance	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptance
100:0	5.57±1.65^{b}	4.73±1.67^{b}	4.73±1.29^{b}	4.60±1.25^{c}	5.57±1.74^{c}	5.17±1.10^{d}
70:30	5.63±1.35^{b}	5.40±1.33^{b}	4.97±1.17^{b}	5.27±1.39^{ab}	6.20±1.51^{bc}	5.70±1.21^{bd}
50:50	6.90±1.01^{a}	6.90±1.13^{a}	5.73±1.15^{a}	5.53±1.12^{ab}	6.77±1.12^{ab}	6.53±0.94^{a}
30:70	7.27±1.15^{a}	7.07±1.31^{a}	5.67±1.44^{a}	5.77±1.38^{a}	6.93±1.15^{a}	6.43±1.35^{ac}
0:100	6.77±1.36^{a}	6.70±1.34^{a}	5.80±1.45^{a}	4.90±1.19^{bc}	6.33±1.16^{ab}	5.90±1.06^{bc}

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Table 3 Physical properties and sensory scores of extruded snacks as affected by extrusion condition

Screw speed (rpm)	Barrel temperature (°C)	Density (g/cm^{3})	Hardness (N)	Sensory scores	
				Texture	Overall acceptance
160	105	0.14±0.01^{b}	48.44±3.88^{a}	6.90±1.12^{a}	6.33±1.18^{a}
	120	0.15±0.01^{b}	42.84±0.16^{b}	6.93±1.08^{a}	6.70±0.88^{a}
	135	0.13±0.02^{b}	38.49±1.33^{c}	6.80±1.06^{a}	6.63±0.96^{a}
200	105	0.29±0.04^{a}	34.21±1.25^{d}	6.67±0.99^{a}	6.47±1.01^{a}
	120	0.29±0.04^{a}	36.87±0.61^{cd}	6.47±1.01^{a}	6.37±0.89^{a}
	135	0.18±0.04^{b}	34.96±0.42^{d}	6.00±1.29^{b}	5.77±1.25^{b}

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 205-208 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 205-208 (2556)

ผลของการเอกซ์ทรูชันต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่พรีเจลาทิไนซ์

Effect of Extrusion on Total Phenolic Content, Antioxidant Activities and Physical Properties of Pregelatinized Riceberry Flour

ปัจจยา ตันติวีรสุต[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[3] ฉัตรภา หัตถโกศล[1] และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1]

Tantivirasut, P.[1], Laohakunjit, N.[2], Suttisansanee, U.[3], Hudthagosol, C.[1] and Somboonpanyakul, P.[1]

Abstract

This research aimed to study the effect of extrusion on total phenolic content (TPC), antioxidant activities and physical properties of pregelatinized Riceberry flour (PRF). The research was divided into two parts. First part, the single screw extruder was operated at barrel temperature of 60, 80 and 100°C with flour:water ratio of 1:1. Results showed that the unprocessed Riceberry flour (URF) had the highest TPC and was not significantly different (p<0.05) with PRF produced at 60°C. When the barrel temperature was increased, the TPC was decreased. However, the barrel temperature had no effect on DPPH and ORAC. The PRF showed higher swelling power and solubility than the URF. Swelling power of PRF increased with increasing barrel temperature, whereas solubility decreased. Second part, The PRF was produced by varying flour: water ratio of 6:1, 4:1, 3:1 and 1:1 with barrel temperature at 100 °C. When the moisture content was increased, the TPC was decreased. However, the flour:water ratio had no effect on DPPH and ORAC. Swelling power of PRF increased with increasing moisture content, whereas solubility decreased.

Keywords: Riceberry, pregelatinized flour, extrusion, antioxidant activities

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเอกซ์ทรูชัน ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ และสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่พรีเจลาทิไนซ์ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกแปรอุณหภูมิของเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์สกรูเดี่ยวเป็น 3 ระดับ คือ 60, 80 และ 100°C อัตราส่วนแป้งต่อน้ำที่ 1:1 พบว่าแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ที่ใช้อุณหภูมิบาร์เรลที่ 60°C (p>0.05) เมื่ออุณหภูมิของบาร์เรลเพิ่มขึ้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าลดลง ค่าประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการ และแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ที่อุณหภูมิต่างๆ ที่วัดด้วยวิธี DPPH และ ORAC ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) เมื่อวิเคราะห์ค่ากำลังการพองตัว และค่าการละลายพบว่า แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์มีค่ากำลังการพองตัวและค่าการละลายมากกว่าแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการ และเมื่ออุณหภูมิของบาร์เรลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่ากำลังการพองตัวมีค่าสูงขึ้น แต่ค่าการละลายมีค่าลดลง ในส่วนที่สองแปรอัตราส่วนแป้งต่อน้ำเป็น 4 ระดับ คือ 6:1, 4:1, 3:1 และ 1:1 และใช้อุณหภูมิของบาร์เรลที่ 100°C พบว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง แต่จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของแป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์ที่อัตราส่วนแป้งและน้ำต่างกันที่วัดด้วยวิธี DPPH และ ORAC ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นค่ากำลังการพองตัวมีค่าสูงขึ้น แต่ค่าการละลายมีค่าลดลง

คำสำคัญ: ข้าวไรซ์เบอรี่ แป้งพรีเจลาทิไนซ์ เอกซ์ทรูชัน ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ

[1] คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถนน ราชวิถี แขวง/ตำบล ทุ่งพญาไท เขต/อำเภอ ราชเทวี จังหวัด กรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10400

[1] Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi RD., Ratchawithi District, Bangkok 10400

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

[3] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 พุทธมณฑล สาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล นครปฐม 73170

[3] Institute of Nutrition, Mahidol University, 999 Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

Introduction

Riceberry (*Oryza sativa*) is a purple-pigmented Thai rice that is cross-breed between Hom Nin Rice and Thai Hom Mali 105 Rice by Kasetsart University. It is a source of gamma-oryzanol, beta-carotene, niacin, thiamin, vitamin B2, anthocyanins and total phenolic compounds. Furthermore, the bran extracted from Riceberry was evaluated in human cancer cell lines from colon, breast and blood (Leardkamolkarn *et al*., 2011). However, there is a few of published data about the development of food products from Riceberry. Pregelatinized flour is a physically modified flour can be processed into various food products. Extrusion is one of the most popular processes of pregelatinized flour. The barrel temperatures and feed moisture of extrusion process are the important factors that affect to antioxidants loss and physical properties of pregelatinized Riceberry flour. Therefore, this research aimed to study the effect of extrusion on antioxidant content, antioxidant activities and physical properties of pregelatinized Riceberry flour.

Materials and Methods

Riceberry that harvested in 2012 was purchased from Shaiyo-AA Co., Ltd.. The rice was ground to flour in a grinder (M20, IKA, Germany) and passed through a 60 mesh sieve. This research was divided into two parts. First part, the barrel temperature of the first zone (feed section) was kept at 80°C and the second zone (die section) was varied to 60, 80 and 100°C. The screw speed was kept at 50 rpm. The extrudates were dried in hot air oven at 40°C. After that they were ground into flour and passed through a 60 mesh sieve. The extruded flour was packed in polyethylene bags, vacuum-sealed and stored at room temperature (25$\pm$5°C). The URF and PRF were extracted with 80% ethanol in order to determine TPC and antioxidant activities. The TPC was determined by the Folin-Ciocalteu method as described by Amarowicz *et al*. (2004). DPPH scavenging activity was determined following a modified method of Fukumoto and Mazza (2000). The ORAC assay was determined following a modified method of Ou *et al*. (2001). Swelling power and solubility were carried out at 90°C according to the method of Leach *et al*. (1959).

Second part, The PRF was produced by varying flour: water ratio of 6:1, 4:1, 3:1 and 1:1 with barrel temperature of the second zone at 100 °C. The screw speed was kept at 50 rpm. The extrudates were dried in hot air oven at 40°C. After that they were ground into flour and passed through a 60 mesh sieve. The extruded flour was packed in polyethylene bags, vacuum-sealed and stored at room temperature (25$\pm$5°C). TPC, antioxidant activities and physical properties were determined following first part.

Average was calculated from triplicate measurements. A completely randomized design (CRD) was conducted for this study. Significant differences were determined using Duncan's multiple range test.

Results and Discussion

The TPC, DPPH and ORAC values of URF and PRF at different barrel temperatures are shown in Table 1. Results showed that the URF had the highest TPC and was not significantly different ($p<0.05$) with PRF produced at 60°C. When the barrel temperature increased, the TPC decreased. These results were similar to the study of Sharma *et al*. (2012) which revealed that the barrel temperature increased from 150 to 180 °C, the TPC of barley extrudates decreased. The reduction in TPC was probably due to the phenolic compounds are heat labile and less resistant to the heat. Furthermore, heating over 80°C may destroy or alter their nature (Zielinski *et al*., 2001). However, the barrel temperature had no effect on DPPH and ORAC (Table 1). Swelling power and solubility of URF and PRF at different barrel temperature are shown in Figure 1. The PRF showed higher swelling power and solubility than the URF due to disruption of the starch granule during pregelatinization (Chinnasarn and Manyasi, 2010). Swelling power of PRF increased with increasing barrel temperature, whereas solubility decreased. The increase of swelling power was probably due to high temperature caused destruction of hydrogen bond.

Second part, the TPC, DPPH and ORAC values of PRF at varying flour: water ratio are shown in Table 2. Results showed that flour:water ratio affected on the TPC of PRF. When the moisture content increased, the TPC decreased. These results were similar to the study of Sompong *et al*. (2011) which reported that the moisture content increased from 12 to 16%, the TPC of red rice extrudates decreased. However, the flour:water ratio had no effect on DPPH and ORAC (Table 2). Swelling power and solubility of PRF at varying flour:water ratio are shown in Figure 2. Increase of moisture content caused increase in swelling power of PRF, whereas the solubility decreased. These results are also consistent with previous study carried out by Sompong *et al*. (2011) on the extrusion of Jasmine rice and red rice. Increase in the swelling power may probably be caused by uncovering of hydrophilic groups in extrudates and easier penetration of structures by water molecules. Moisture content acts as a plasticizer, which reduces the degradation of starch granules, leads to an increased capacity for water absorption (Hagenimana *et al*., 2005). The decrease of solubility was probably due to the degree of starch transformation and probably because starch granules were less soluble in water (Stojceska *et al*., 2009).

Summary

The results obtained from present study shows that increase of barrel temperature and moisture content caused decreased TPC. However, increase of barrel temperature and moisture content had no effect on DPPH and ORAC. Swelling power of PRF increased with increasing barrel temperature and moisture content, whereas solubility decreased.

Acknowledgements

A grant for presentation was partially supported by The Faculty of Graduate Studies, Mahidol University.

Literature cited

Amarowicz, R., Pegg, R.B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B. and Weil, J.A., 2004, Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies, Food Chemistry, 84:551-562.

Chinnasarn, S. and Manyasi, R., 2010, Chemical and physical properties of taro flour and the application of restructured taro strip product, World Applied Science Journal, 9(6):600-604.

Fukumoto, L.R. and Mazza, G., 2000, Assessing Antioxidant and Prooxidant Activities of Phenolic Compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48:3597-3604.

Hagenimana, A., Ding, X. and Fang, T., 2006, Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking, Journal of Cereal Science, 43:38-46.

Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J., 1959, Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches, Cereal Chemistry, 36:534-544.

Leardkamolkarn, V., Thongthep, W., Suttiarporn, P., Kongkachuichai, R., Wongpornchai, S. and Wanavijitr, A., 2011, Chemopreventive properties of the bran extracted from a newly-developed Thai rice: The Riceberry, Food Chemistry, 125:978-985.

Sharma, P., Gujral, H.S. and Singh, B., 2012, Antioxidant activity of barley as affected by extrusion cooking, Food Chemistry, 131:1406–1413.

Sompong, R., Siebenhandl-Ehn S., Berghofer, E. and Schoenlechner, R., 2011, Extrusion cooking properties of white and coloured rice varieties with different amylose content, Starch, 63:55–63

Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A. and Ibanoglu, S., 2009, The effect of extrusion cooking using different water feed rates on the quality of ready-to-eat snacks made from food by-products, Food Chemistry, 114:226–232.

Ou, B., Hampsch-Woodill, M. and Prior, R.L., 2001, Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49:4619-4626.

Zielinski, H., Kozlowska, H. and Lewczuk, B., 2001, Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing, Innovative Food Science and Emerging Technology, 2:159–169.

Table 1 Total phenolic content and antioxidant activities of URF and PRF obtained from extrusion using different barrel temperatures

Sample	Total phenolic content (mgGAE/g)	DPPH Assay (μmolTE/g)	ORAC Assay (μmolTE/g)
URF	1.17±0.02[a]	3.87±0.59	56.84±9.97
PRF60°C	1.10±0.08[ab]	3.72±0.59	50.55±1.38
PRF80°C	1.03±0.06[b]	3.37±0.57	47.70±7.52
PRF100°C	0.87±0.03[c]	3.69±0.76	46.17±7.38

[a-c] Means followed by a different letter within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 2 Total phenolic content and antioxidant activities of PRF obtained from extrusion using different flour : water ratio

Sample	Total phenolic content (mgGAE/g)	DPPH Assay (μmolTE/g)	ORAC Assay (μmolTE/g)
PRF 1:1	0.87±0.03[c]	3.69±0.76	50.55±7.38
PRF 3:1	1.06±0.07[b]	3.82±0.73	47.80±5.32
PRF 4:1	0.99±0.06[b]	3.43±0.44	46.15±3.41
PRF 6:1	1.16±0.04[a]	3.96±0.81	57.21±3.17

[a-c] Means followed by a different letter within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$)

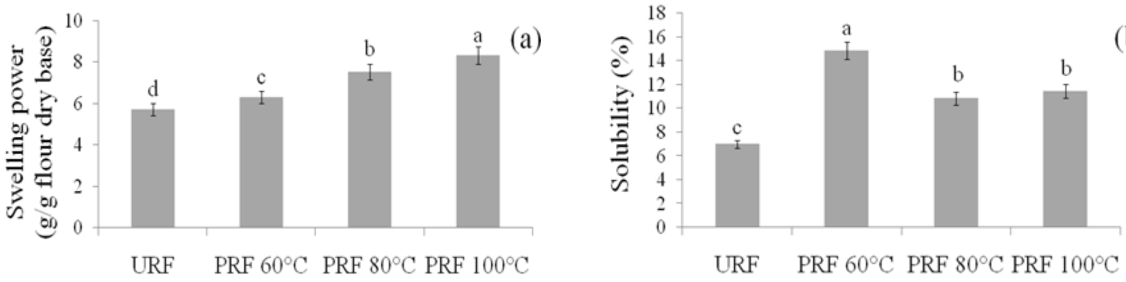


Figure 1 Swelling power (a) and solubility (b) of URF and PRF obtained from extrusion using different barrel temperatures

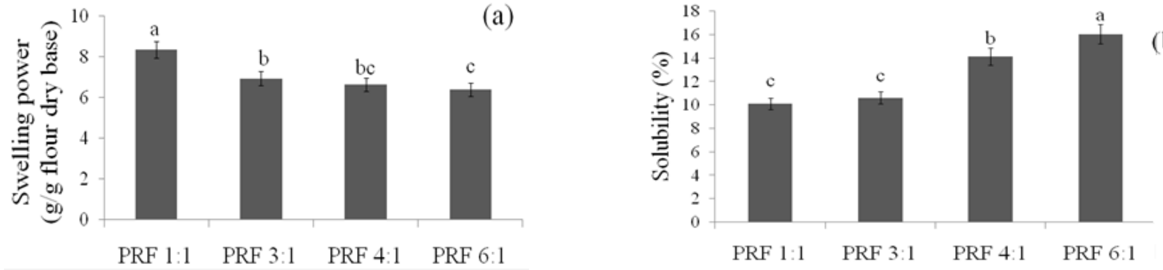


Figure 2 Swelling power (a) and solubility (b) of PRF obtained from extrusion using different flour: water ratio

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 209-212 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 209-212 (2556)

คุณภาพทางโภชนาการของมังคุดหลังจากการให้ความร้อนหลังการเก็บเกี่ยว

Nutritional Quality of Mangosteen After Postharvest Heat Treatment

เสาวนีย์ ตรึกตรอง[1] สุปราณี มนูรักษ์ชินากร[1] และ วาริช ศรีละออง[2]

Truktrong, S.[1], Manurakchinakorn, S.[1] and Srilaong, V.[2]

Abstract

Mangosteen is one of the most popular tropical fruit. Edible flesh of the fresh mangosteen has a pleasant taste when ripe and is a good source of antioxidants. Minimal processing of mangosteen fruit to fresh-cut fruit product is an effective approach to maintain fresh-like quality of the mangosteen product. In addition, use of postharvest heat treatment prior to cutting of mangosteen fruit has been reported to have potential in maintaining firmness and whiteness of mangosteen flesh without imparting adverse effects on calyx freshness and pericarp color of the mangosteen fruit. However, the heat treatment can have a detrimental effect on the nutritional quality of mangosteen. Therefore, the objective of this research was to investigate changes of some heat-sensitive nutrients following the heat treatment of mangosteen fruit. Mangosteen at ripeness stage 5 was subjected to various conditions of hot air heat treatment such as 40, 45, 50 and 55^{o}C for 4 h. The fruit without heat treatment was served as a control. It was found that losses of total vitamin C, ascorbic acid, dehydroascorbic acid, total phenolic compounds and antioxidant capacity were significantly enhanced ($p<0.05$) by increasing the temperature of heat treatment. The results revealed that use of the postharvest heat treatment before minimal processing could have an undesirable effect on the nutritional quality of mangosteen.

Keywords: mangosteen, heat treatment, nutritional quality

บทคัดย่อ

มังคุดเป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีชื่อเสียงมากที่สุดชนิดหนึ่ง ซึ่งส่วนเนื้อที่บริโภคได้ของมังคุดสดมีรสชาติเป็นที่พึงพอใจเมื่อสุกและเป็นแหล่งที่ดีของสารต้านออกซิเดชัน การนำผลมังคุดมาแปรรูปขั้นต่ำเป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้ตัดแต่งจัดว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพที่คล้ายของสดของผลิตภัณฑ์มังคุด ทั้งนี้มีรายงานพบว่า การให้ความร้อนหลังการเก็บเกี่ยวก่อนนำผลมังคุดไปตัดแต่ง มีศักยภาพในการรักษาความแน่นเนื้อและความขาวของเนื้อมังคุด โดยไม่ทำให้เกิดผลลบต่อความสดของกลีบเลี้ยงและสีเปลือกของผลมังคุด อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนสามารถส่งให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพทางโภชนาการของมังคุดได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารที่ไวต่อความร้อนบางชนิดหลังจากการให้ความร้อนกับผลมังคุด โดยนำมังคุดระดับสีที่ 5 มาผ่านการให้ความร้อนด้วยเตาอบลมร้อนที่สภาวะต่างๆ คือ 40 45 50 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และใช้มังคุดที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนเป็นชุดควบคุม พบว่า การสูญเสียวิตามินซีทั้งหมด กรดแอสคอร์บิก กรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการต้านออกซิเดชัน เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของการให้ความร้อน ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการให้ความร้อนหลังการเก็บเกี่ยวก่อนการแปรรูปขั้นต่ำสามารถส่งให้เกิดผลที่ไม่ต้องการต่อคุณภาพทางโภชนาการของมังคุดได้

คำสำคัญ: มังคุด การให้ความร้อน คุณภาพทางโภชนาการ

[1] สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช 80161

[1] Department of Agro-Industry, School of Agricultural Technology, Walailak University, Nakhon Si Thammarat 80161

[2] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

[2] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

คำนำ

มังคุดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia mangostana* Linn. เป็นไม้ผลชนิดเดียวของพืชตระกูลกัททิเฟอเร (Guttiferae) ซึ่งเป็นผลไม้เขตร้อน (นพ และสมพร, 2545) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมมากจนได้รับขนานนามว่าเป็น "ราชินีของผลไม้" จึงทำให้มังคุดเป็นผลไม้ทางเศรษฐกิจที่มีศักยภาพในการส่งออกสูง ทั้งนี้รูปแบบของการบริโภคมังคุดมักอยู่ในรูปของผลสด เพราะเนื้อในของมังคุดสุกมีรสชาติหวานอร่อยและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ดังนั้นการนำมังคุดมาแปรรูปขั้นต่ำเป็นมังคุดตัดแต่งซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับมังคุดสด จึงเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์จากมังคุดที่สามารถตอบสนองกับชีวิตประจำวันของผู้บริโภคที่เร่งรีบได้เป็นอย่างดี (วีรยุทธ และคณะ, 2552) แต่ผลิตภัณฑ์มังคุดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วส่งผลให้มีอายุในการเก็บรักษาสั้นซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญ ทั้งนี้มีรายงานพบว่าการให้ความร้อนหลังการเก็บเกี่ยวก่อนนำผลมังคุดมาตัดแต่ง สามารถรักษาความแน่นเนื้อและความขาวของเนื้อมังคุดไว้ได้ โดยไม่ส่งผลเสียต่อความสดของกลีบเลี้ยงและสีเปลือกของผลมังคุด (เสาวนีย์ และคณะ, 2556) อย่างไรก็ตามความร้อนอาจส่งผลกระทบทางด้านลบต่อคุณค่าทางโภชนาการของมังคุดซึ่งนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ผู้บริโภคให้ความตระหนักเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะสารอาหารบางชนิดที่มีความไวต่อความร้อน จากการศึกษาของ Koukounaras และคณะ (2008) พบว่า การให้ความร้อนลูกท้อก่อนการตัดแต่งสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและรักษาความแน่นเนื้อของชิ้นลูกท้อได้ แต่ส่งผลทำให้สูญเสียแคโรทีนอยด์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางโภชนาการที่สำคัญบางประการของมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อผ่านการให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิต่างกันโดยใช้เตาอบลมร้อน

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้มังคุดระดับสีที่ 5 ที่มีขนาดผลและความสดของกลีบเลี้ยงที่ใกล้เคียงกัน ตัดขั้วผลแล้วล้างทำความสะอาดและเช็ดให้แห้ง แบ่งมังคุดออกเป็น 5 ส่วน เพื่อทำการทดลอง 5 ชุดการทดลอง คือ นำมังคุดมาผ่านการให้ความร้อนด้วยเตาอบลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ คือ 40 45 50 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และใช้มังคุดที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนเป็นชุดควบคุม จากนั้นนำมังคุดมาปอกเปลือกเพื่อแยกส่วนเนื้อมังคุดมาวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ดังนี้ วิตามินซีทั้งหมด กรดแอสคอร์บิก กรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก (Kampfenkel และคณะ, 1995) สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Ketsa และ Atantee, 1998) และสมบัติการต้านออกซิเดชัน (Agbor และคณะ, 2006) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการทดลองด้วย Duncan multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

วิตามินซีเป็นวิตามินที่ละลายน้ำซึ่งมักพบในผลไม้ และเป็นวิตามินที่ไวต่อการสลายตัวเมื่อสัมผัสกับอากาศ แสง โลหะหรือความร้อน จากการทดลองพบว่า วิตามินซีทั้งหมดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่ออุณหภูมิของการให้ความร้อนสูงขึ้น (Table 1) ทั้งนี้การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงสุดมีผลทำให้มีการสูญเสียของปริมาณวิตามินซีทั้งหมดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับสภาวะอุณหภูมิอื่นๆ ทั้งนี้วิตามินซีที่พบในผลไม้สามารถพบได้ทั้งในรูปกรดแอสคอร์บิกที่อยู่ในรูปรีดิวซ์และกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิกซึ่งเป็นรูปออกซิไดซ์ เมื่อกรดแอสคอร์บิกถูกออกซิไดซ์ได้เป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก และอยู่ในที่มีอุณหภูมิสูงเพียงเล็กน้อย กรดดีไฮโดรแอสคอร์บิกซึ่งไม่มีความเสถียรจะสลายตัวโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเปลี่ยนไปเป็นกรด 2,3-ไดคีโตกูโลนิก ที่ไม่มีสมบัติของวิตามินซี (Gregory III, 2008) จากการทดลองนี้พบว่า การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40 45 50 และ 55 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปริมาณของกรดแอสคอร์บิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Table 1) ในขณะที่การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส จึงส่งผลให้กรดดีไฮโดรแอสคอร์บิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Table 1) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Djioua และคณะ (2009) พบว่า การให้ความร้อนกับมะม่วงพันธุ์ Keitt ที่อุณหภูมิ 46 หรือ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 หรือ 75 นาที ไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดแอสคอร์บิกเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

นอกจากวิตามินซีแล้วในเนื้อมังคุดยังมีสารประกอบฟีนอลิกซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีสมบัติต้านออกซิเดชัน โดย Karakaya และคณะ (2001) พบว่าเนื้อมังคุดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดใกล้เคียงกับองุ่น พลัม และเชอรี่ จากการทดลองพบว่า การให้ความร้อนในทุกสภาวะส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Table 1) ซึ่งการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกอาจเกิดขึ้นได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไฮโดรไลซิส หรือไอโซเมอไรเซชัน (Chang และคณะ, 2006) ในทางกลับกันมีรายงานการศึกษาพบว่า การให้ความร้อนกับหัวหอมสดตัดแต่งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ส่งผลให้เพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Siddiq และคณะ, 2013) อาจเนื่องมาจากความร้อน

ส่งผลให้มีการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกออกมาเพิ่มขึ้น (Francisco และ Resurreccion, 2009) ในการทดลองนี้ยังพบว่าสมบัติการต้านออกซิเดชันของมังคุดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของการให้ความร้อนกับผลมังคุด (Table 1) ทั้งนี้การสลายตัวขององค์ประกอบต่างๆ ในมังคุดที่มีสมบัติต้านออกซิเดชัน ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก และสารประกอบฟีนอลิก (Leong และ Shui, 2002; Isabelle และคณะ, 2010) อันเป็นผลมาจากการให้ความร้อนหลังการเก็บเกี่ยวกับผลมังคุดสามารถส่งผลต่อสมบัติการต้านออกซิเดชันของเนื้อมังคุด Nicoli และคณะ (1999) รายงานว่าสารพฤกษเคมีส่วนใหญ่มีความเสถียรต่ำและเกิดการสลายตัวได้ในระหว่างการแปรรูป เช่น การลวก การปรุงอาหาร การพาสเจอไรซ์ การสเตอริไรซ์ การทำแห้ง และการแช่แข็ง

สรุปผล

การให้ความร้อนหลังการเก็บเกี่ยวกับผลมังคุดในช่วงอุณหภูมิ 40-55 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ส่งผลให้วิตามินซีทั้งหมด กรดแอสคอร์บิก กรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการต้านออกซิเดชันของเนื้อมังคุดมีค่าลดลง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากหน่วยวิจัยไม้ผลเขตร้อน มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

เอกสารอ้างอิง

นพ ศักดิเศรษฐ์ และสมพร ณ นคร, 2545, มังคุด (Mangosteen), โรงพิมพ์รำไทย เพรส, กรุงเทพฯ.

วีรยุทธ สุทธิรักษ์, สุปราณี มนูรักษ์ชินากร และวาณี ชนเห็นชอบ, 2552, การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่อาศัยเอนไซม์ในมังคุดแปรรูปขั้นต่ำด้วยกรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และกรดออกซาลิก, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(3) พิเศษ:706-709.

เสาวนีย์ ตรึกตรอง และสุปราณี มนูรักษ์ชินากร, 2556, คุณภาพของผลมังคุดหลังการให้ความร้อน, รายงานการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 12, วันที่ 9-12 พฤษภาคม 2556, กรุงเทพฯ, หน้า 117.

Agbor, G.A., Vinson, J.A., Oben, J.E. and Ngogang, J.Y., 2006, Comparative analysis of the in vitro antioxidant activity of white and blank peper, Nutrition Research, 26:659-663.

Chang, Q., Zuo, Z., Chow, M.S.S. and Ho, W.K.K., 2006, Effect of storage temperature on phenolics stability in hawthorn (*Crataegus pinnatifida* var. major) fruits and hawthorn drink, Food Chemistry, 98:426-430.

Djioua, T., Charles, F., Lopez-Lauri, F., Filgueiras, H., Coudret, A., Freire Jr, M., Ducamp-Collin, M.N., and Sallanon, H., 2009, Improving the storage of minimally processed mangoes (*Mangifera indica* L.) by hot water treatments, Postharvest Biology and Technology, 52:221-226.

Francisco, M.L.L.D. and A.V.A. Resurreccion, 2009, Total phenolics and antioxidant capacity of heat-treated peanut skins, Journal of Food Composition and Analysis, 22: 16-24.

Gregory III, J.F., 2008, Vitamins, In Damodaran, S., Parkin, K.L. and Fennema, O.R., (eds.), Fennema's Food Chemistry, 4th ed., CRC Press, Florida, p. 439-521.

Isabelle, M., Lee, B.L., Lim, M.T., Koh, W-P., Huang, D. and Ong, C.N., 2010, Antioxidant activity and profiles of common fruits in Singapore, Food Chemistry, 123:77-84.

Kampfenkel, K., Montagu, M.V. and InZe, D., 1995, Extraction and determination of ascorbic acid and dehydroascorbic acid from plant tissue, Analytical Biochemistry, 225:165-167.

Karakaya, S., El, S.N. and Tas, A.A., 2001, Antioxidant activity of some foods containing phenolic compounds, International Journal of Food Sciences and Nutrition, 52:501-508.

Ketsa, S. and Atantee, S., 1998, Phenolics, lignin, peroxidase activity and increased firmness of damaged pericarp of mangosteen fruit after impact, Postharvest Biology and Technology, 14:117-124.

Koukounaras, A., Diamantidis, G. and Sfakiotakis, E., 2008, The effect of heat treatment on quality retention of fresh-cut peach, Postharvest Biology and Technology, 48:30–36.

Leong, L.P. and Shui, G., 2002, An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets, Food Chemistry, 76:69-75.

Nicoli, M.C., Anese, M. and Parpinel, M., 1999, Influence of processing on the antioxidant properties of fruits and vegetables, Trends in Food Science and Technology, 10:94-100.

Siddiq, M., Roidoung, S., Sogi, D.S. and Dolan, K.D., 2013, Total phenolics, antioxidant properties and quality of fresh-cut onions (*Allium cepa* L.) treated with mild-heat, Food Chemistry, 136:803-806.

Table 1 Some nutritional quality of mangosteen after heating at various temperatures for 4 h.

Nutritional quality	Treatment				
	control	40°C	45°C	50°C	55°C
Total vitamin C (mg/100 g FW)	8.94±0.28[e]	7.60±0.19[d]	6.32±0.12[c]	5.46±0.01[b]	2.24±0.08[a]
Ascorbic acid (mg/100 g FW)	4.76±0.22[d]	3.44±0.18[c]	3.10±0.04[c]	2.32±0.12[b]	0.50±0.03[a]
Dehydroascorbic acid (mg/100 g FW)	4.18±0.19[c]	4.16±0.17[c]	3.22 0.13[b]	3.14±0.12[b]	1.74±0.11[a]
Total phenolic compounds (mg GAE/100 g FW)	42.94±0.34[d]	37.74±0.27[c]	39.46±0.62[cd]	31.72±0.39[b]	26.74±0.24[a]
Antioxidant capacity (μ mole AAE/100 mg FW)	186.30±0.35[e]	179.52±0.38[d]	164.04± 0.36[c]	155.86±0.29[b]	120.90± 0.29[a]

Results are mean of thirty replicates. Different letters for each row correspond to statistically different values ($p<0.05$).

การศึกษาเปรียบเทียบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย

Comparative Study on Antioxidant Activity, Total Phenolic Contents and Physicochemical Properties of Banana Flours

กุหลาบ สิทธิสวนจิก[1] **ขวัญชัย ศรีรักษา**[1]
Sittisuanjik, K.[1], Sriruksa, K.[1]

Abstract

This research aimed to investigate the antioxidant activity, total phenolic contents and physicochemical properties of banana flours. Flour was prepared from four Thai banana cultivars: Kluai Khai, Kluai Hom Thong, Kluai Hakmuk and Kluai Namwa. The results indicated that Kluai Khai flour had the highest antioxidant activity, total antioxidant capacity and total phenolic contents (87.90%, 95.62 µg tocopherol equivalent/g dry basis and 20.99 µg gallic acid equivalent /g dry basis, respectively). Pasting properties of banana flours, measured using a rapid visco analyzer (RVA), also differed significantly. Kluai Hom Thong flour showed the highest peak viscosity, trough, final viscosity, setback and peak time (211.12 RVU, 192.71 RVU, 285.13 RVU, 92.42 RVU and 6.94 min, respectively). Moreover, the banana cultivar affected the total soluble solids, pH and color values of banana flours($p \leq 0.05$).

Keywords: banana flour, antioxidant activity, total phenolic content, physicochemical properties

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย เตรียมแป้งจากกล้วย 4 สายพันธุ์ ในประเทศไทย ได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยหอมทอง กล้วยหักมุก และกล้วยน้ำว้า จากการทดลองพบว่าแป้งกล้วยไข่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) การต้านอนุมูลอิสระรวม (total antioxidant capacity) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (total phenolic contents) สูงสุด (มีค่าเท่ากับ 87.90 เปอร์เซ็นต์, 95.62 µg tocopherol equivalent/กรัมน้ำหนักแห้ง และ 20.99 µg gallic acid equivalent /กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งกล้วยด้วยเครื่อง RVA (rapid visco analyzer) พบว่าแป้งกล้วยหอมทองมีค่า peak viscosity, trough, final viscosity, setback และ peak time สูงสุด (มีค่าเท่ากับ 211.12 RVU, 192.71 RVU, 285.13 RVU, 92.42 RVU และ 6.94 นาที ตามลำดับ) นอกจากนี้ยังพบว่าสายพันธุ์กล้วยมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(total soluble solids) ค่า pH และค่าสีของแป้งกล้วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: แป้งกล้วย กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกรวม คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

คำนำ

กล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย อุดมด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลายชนิด เช่น วิตามินบี วิตามินซี โพแทสเซียม แคลเซียม dietary fiber, resistant starch (Alkarkhi และคณะ, 2011) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (Sulaiman และคณะ, 2011) อย่างไรก็ตามในบางครั้งผลผลิตออกมามากเกินความต้องการของตลาด รวมทั้งกล้วยเป็นผลไม้ที่บอบช้ำง่าย เน่าเสียเร็ว ทำให้ราคาขายตกต่ำก่อให้เกิดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ การนำผลดิบของกล้วยมาแปรรูปให้เป็นแป้งเพื่อใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดปัญหาดังกล่าวได้ แต่ผู้ผลิตแป้งต้องคำนึงในเรื่องของสายพันธุ์ของกล้วยที่นำมาแปรรูปเป็นแป้งกล้วย เนื่องจากมีงานวิจัยรายงานว่า สายพันธุ์กล้วย ชนิดของแป้ง เช่น ฟลาวร์ และสตาร์ช มีผลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูล

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, 1061 ซอยอิสรภาพ 15 ถนนอิสรภาพ เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajaphat University, 1061 Soi Isaraphab 15, Isaraphab Rd., Thonburi, Bangkok 10600 Thailand

อิสระ องค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติเชิงหน้าที่ และคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งกล้วย (Fatemeh และคณะ, 2012; Vatanasuchart และคณะ, 2012) คุณสมบัติดังกล่าวมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับประยุกต์ใช้แป้งกล้วยในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมแป้งกล้วย

คัดเลือกกล้วยดิบ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยหอมทอง กล้วยหักมุก และกล้วยน้ำว้า ผลกล้วยมีสีเหลืองเล็กน้อย นำมาล้างและนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำกล้วยไปแช่น้ำ ปอกเปลือก แล้วหั่นเป็นแว่นหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร แช่กล้วยในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นสุดท้ายเป็น 5-6 เปอร์เซ็นต์ (wet basis) จากนั้นนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรง เก็บตัวอย่างในถุงโพลีเอทิลีน เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้งกล้วย

ทำการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (2,2-diphyl-picrylhydrazyl radical scavenging) การต้านอนุมูลอิสระรวม (total antioxidant capacity) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (total phenolic contents) ดัดแปลงวิธีของ Dasgupta และ De (2004) คุณสมบัติด้านความหนืด (pasting properties) ตามวิธีของ AACC (2000) และคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพ ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids) วัดค่าด้วย Hand refractometer (1200, A.S.T) วัดค่า pH ด้วย pH meter (TOA-1HM-20P) และค่าสี L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสีรุ่น Minolta CR-10 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย analysis of variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการต้านอนุมูลอิสระของแป้งกล้วยไข่ แป้งกล้วยหอมทอง แป้งกล้วยหักมุก และแป้งกล้วยน้ำว้า (Table 1) พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแป้งกล้วยไข่มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) การต้านอนุมูลอิสระรวม(total antioxidant capacity) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (total phenolic contents) สูงสุด เท่ากับ 87.90 เปอร์เซ็นต์, 95.62 µg tocopherol equivalent/ กรัมน้ำหนักแห้ง และ 20.99 µg gallic acid equivalent/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในกล้วยอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ได้แก่ คาเทชิน (catechin) อีพิคาเทชิน (epicatechin) ลิกนิน (lignin) และแทนนิน (tannins) นอกจากนี้ยังมีสารกลุ่มอื่นที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินซี วิตามินอี และเบต้า-แคโรทีน เป็นต้น (Sulaiman และคณะ, 2011) นอกจากนี้มีการกล่าวถึงสายพันธุ์ของกล้วย ส่วนประกอบของผลกล้วย เช่น เปลือก และเนื้อกล้วย มีผลต่อกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (Sulaiman และคณะ, 2011; Fatemeh และคณะ, 2012) สำหรับคุณสมบัติด้านความหนืด (Table 2) พบว่าแป้งกล้วยหอมทองมีค่า peak viscosity, trough, final viscosity, setback และค่า peak time สูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 211.12 RVU, 192.71 RVU, 285.13 RVU, 92.42 RVU และ 6.94 นาที ตามลำดับ ขณะที่แป้งกล้วยไข่มีค่า breakdown สูงที่สุด เท่ากับ 32.79 RVU และแป้งกล้วยน้ำว้ามีค่า pasting temperature สูงที่สุด เท่ากับ 87.75 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหนืดของแป้ง เช่น ชนิดแป้ง ขนาดของเม็ดแป้ง ปริมาณอะไมโลส และองค์ประกอบทางเคมีของแป้ง เป็นต้น (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543) การศึกษาคุณภาพด้านสี ค่า pH และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของแป้งกล้วย (Table 3) พบว่าแป้งกล้วยหักมุกมีค่าความสว่างของสี(L) และค่า a* สูงสุด ขณะที่แป้งกล้วยไข่ให้ค่า b* สูงสุด เท่ากับ 46.64, 0.87 และ 12.70 ตามลำดับ สีของแป้งกล้วยแตกต่างกันมีผลมาจากรงควัตถุในกล้วยแต่ละสายพันธุ์ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่อาจเกิดขึ้นได้ในขั้นตอนการเตรียมกล้วยและในกระบวนการทำแห้ง สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้เกิดจากการที่เอนไซม์ amylase, glycosidase, phosphorylase, sucrose synthase และ invertase ย่อยแป้งแล้วได้น้ำตาล (Alkarkhi และคณะ, 2011) เมื่อปริมาณน้ำตาลสูงทำให้ค่า pH มีค่าสูงตาม จากการทดลองพบว่าแป้งกล้วยหอมทองมีค่า pH และปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงสุด เท่ากับ 7.07 และ 0.42^{O}Brix ตามลำดับ

สรุปผล

แป้งกล้วยไข่ แป้งกล้วยหอมทอง แป้งกล้วยหักมุก และแป้งกล้วยน้ำว้า มีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระคุณสมบัติด้านความหนืด และคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพแตกต่างกัน ในการนำแป้งกล้วยไปใช้เป็นส่วนผสมในสูตรผลิตภัณฑ์อาหารต้องพิจารณาคุณสมบัติของแป้งกล้วยก่อนเสมอ เนื่องจากส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ประจำปีงบประมาณ 2555

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง : อุตสาหกรรมแป้ง, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 45 หน้า.

Alkarkhi, A.F.M., Ramli, S.B., Yong, Y.S. and Easa, A.M., 2011, Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits, Food Chemistry, 129:312-318.

Daramola, B. and S.A. Osanyyinlusi., 2006, Production, characterization and application of banana (*Musa* spp) flour in whole maize, Africa Journal of Biotechnology, 5(10):992-995.

Dasgupta, N. and De, B., 2004, Antioxidant activity of *Piper Betle* L. leaf extract in vitro, Food Chemistry, 88:219-224.

Fatemeh, S.R., Saifullah, R., Abbas, F.M.A. and Azhar, M.E., 2012, Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours: Influence of variety and stage of ripeness, International Food Research Journal, 19(3) : 1041-1046.

Sulaiman, S.F., Yusoff, N.A.M., Eldeen, I.M., Seow, E.M., Sajak, A.A.B., Supriatna. and Ooi, K.L., 2011, Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight malaysian bananas (*Musa* sp.), Journal of Food Composition and Analysis, 21:1-10.

Vatanasuchart, N., Niyomwit, B. and Wongkrajang, K., 2012, Resistant starch content, in vitro starch digestibility and physicochemical properties of flour and starch from Thai bananas, Maejo International Journal of Science and Technology, 6(2):259-271.

Table 1 Antioxidant activity, total antioxidant capacity and total phenolic contents of banana flours

Banana flours	Antioxidant activity (%)	Antioxidant capacity ^{A}	Total phenolic content ^{B}
Kluai Khai	87.90±0.81^{a}	95.62±0.87^{a}	20.99±0.62^{a}
Kluai Hom Thong	56.52±2.15^{b}	92.46±0.45^{b}	20.17±0.08^{b}
Kluai HakMulk	27.94±0.29^{c}	62.88±1.17^{d}	16.85±0.20^{c}
Kluai Namwa	27.04±0.10^{c}	70.42±1.51^{c}	13.11±0.08^{d}

$^{a-d}$ Different letters in the same column indicated statistical difference($p \leq 0.05$)

^{A} : µg tocopherol equivalent/ g dry basis, ^{B} : µg gallic acid equivalent/g sample

Table 2 Pasting properties of banana flours

Pasting properties	Banana flours			
	Kluai Khai	*Kluai Hom Thong*	*Kluai HakMulk*	*Kluai Namwa*
Peak viscosity (RVU)	189.75±0.17^{c}	211.12±0.10^{a}	197.08±0.67^{b}	158.12±1.20^{d}
Trough (RVU)	156.96±0.21^{c}	192.71±1.46^{a}	182.63±0.21^{b}	149.21±1.37^{d}
Breakdown (RVU)	32.79±0.37^{a}	19.42±0.54^{b}	14.46±0.46^{c}	8.92±0.17^{d}
Final viscosity (RVU)	197.92±0.67^{c}	285.13±0.85^{a}	246.29±0.54^{b}	189.75±1.33^{d}
Setback (RVU)	40.96±0.46^{c}	92.42±0.61^{a}	63.67±0.33^{b}	40.54±0.42^{c}
Peak time (min)	5.83±0.03^{d}	6.94±0.00^{a}	6.14±0.02^{c}	6.88±0.00^{b}
Pasting temperature ($^{\circ}$C)	70.70±0.05^{d}	82.45±0.32^{c}	86.375±0.32^{b}	87.75±0.20^{a}

$^{a-d}$ Different letters in the same column indicated statistical difference($p \leq 0.05$)

Table 3 Physicochemical properties of banana flours

Physicochemical properties	Banana flour			
	Kluai Khai	*Kluai Hom Thong*	*Kluai HakMulk*	*Kluai Namwa*
L	43.36±0.97^{b}	40.52±0.14^{c}	46.64±0.28^{a}	44.08±0.40^{b}
a*	0.24±0.00^{d}	0.54±0.01^{b}	0.87±0.02^{a}	0.51±0.02^{c}
b*	12.70±0.15^{a}	10.30±0.13^{b}	9.55±0.05^{c}	8.17±0.06^{d}
pH	6.32±0.03^{c}	7.07±0.06^{a}	6.78±0.03^{b}	6.38±0.03^{c}
Total soluble solids (^{o}Brix)	0.22±0.03^{b}	0.42±0.03^{a}	0.38±0.03^{a}	0.22±0.03^{b}

$^{a-d}$ Different letters in the same column indicated statistical difference($p \leq 0.05$)

ผลของแป้งกล้วยดัดแปรและสารให้ความคงตัวทางการค้าต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมสด

Effects of Modified Banana Flour and Commercial Stabilizers on Physicochemical and Sensorial Properties of Fresh Milk Ice Cream

นวพร หงส์พันธุ์[1] และจันทรสุดา อดุลยศักดิ์สกุล[1]
Hongpan, N.[1] and Adulyasaksakul, C.[1]

Abstract

Study on physicochemical and sensorial properties of fresh milk ice cream using modified banana flour as a stabilizer compared with fresh milk ice cream using commercial stabilizers (guar gum, carrageenan and pectin) at 0.5% (w/w). Result of physicochemical properties of all fresh milk ice cream formulations was no significantly difference ($p \geq 0.05$) in pH values (6.9), total soluble solid (19–23°Brix), %overrun (9.09-9.69%) and viscosity (3226.67-3866.67 cP). Results of texture analysis showed that hardness, cohesiveness and gumminess of fresh milk ice cream using modified banana flour pectin and carrageenan had no significantly difference ($p \geq 0.05$). The result showed fresh milk ice cream using guar gum had the highest hardness, cohesiveness and gumminess at 6.97, 0.17 and 1.43 N respectively. Sensory evaluation of all fresh milk ice cream formulations in terms of appearance, flavor, sweetness, whiteness, smoothness, aftertaste and overall liking was no significantly difference ($p \geq 0.05$), results showed that the panelists gave highest average scores for overall liking 7.97 scored (Like very much) of fresh milk ice cream using modified banana flour. Therefore, modified banana flour is the one of alternative for fresh milk ice cream stabilizers.

Keywords: fresh milk ice-cream, modified banana flour, stabilizers

บทคัดย่อ

ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมสดที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปรเป็นสารให้ความคงตัวเปรียบเทียบกับไอศกรีมที่ใช้สารให้ความคงตัวทางการค้า 3 ชนิด ได้แก่ กัวร์กัม คาราจีแนน และเพคติน ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (โดยน้ำหนัก) ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไอศกรีมนมสดทุกสูตรพบว่าค่า pH (6.9) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(19–23°Brix) ร้อยละการขึ้นฟู (9.09-9.69%) และความหนืด (3226.67-3866.67 cP) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในการวัดค่าเนื้อสัมผัสพบว่าไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้แป้งกล้วย เพคติน และคาราจีแนน มีค่าความแข็ง การเกาะกัน และความเหนียวติดกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้กัวร์กัม มีค่าความแข็ง การเกาะกัน และความเหนียวติดกันสูงที่สุด (6.97, 0.17 และ 1.42 นิวตัน ตามลำดับ) ส่วนการประเมินทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมสดทุกสูตรในด้านลักษณะปรากฏ ความขาว กลิ่นรส ความหวาน ความเนียนละเอียดของเนื้อไอศกรีม ความรู้สึกตกค้างหลังชิม และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยต่อไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้ามากที่สุด 7.97 คะแนน (ชอบค่อนข้างมาก) ดังนั้นแป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปรจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมนมสด

คำสำคัญ: ไอศกรีมนมสด แป้งกล้วยน้ำว้า สารให้ความคงตัว

คำนำ

กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* Linn.) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่เขตร้อนและกึ่งเขตร้อน (Strosse และคณะ, 2006) ผลกล้วยรับประทานได้ทั้งดิบและสุก เป็นแหล่งของสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการหลายชนิด เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามินและแร่ธาตุ มีงานวิจัยจำนวนมากรายงานว่าการบริโภคกล้วยโดยเฉพาะกล้วยกึ่งดิบกึ่งสุกมีประโยชน์ต่อ

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา, แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Thonburi, Bangkok 10600

ร่างกายของมนุษย์ เนื่องจากมีปริมาณ dietary fiber และ resistant starch สูง (Faisant และคณะ, 1995) ปัจจุบันกล้วยน้ำว้าโดยเฉพาะผลดิบได้รับความสนใจในการศึกษาด้านการนำไปใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากในกล้วยผลดิบมีปริมาณแป้งอยู่สูง (เดช, 2542) โดยแป้งกล้วยน้ำว้าจะให้พลังงานสูงเทียบได้กับแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังและสูงกว่าแป้งข้าวเจ้าและแป้งสาลี เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 84.46% ส่วนใหญ่อยู่ในรูปสตาร์ช นอกจากนี้แป้งกล้วยน้ำว้ายังมีคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่ดี มีการละลายน้ำ และพองตัวใสเมื่อได้รับความร้อน (สุดาทิพย์, 2545) ด้วยคุณสมบัติที่กล่าวมา กล้วยน้ำว้านับว่าเป็นวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาผลิตเป็นแป้งและนำมาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการนำแป้งกล้วยไปใช้ประโยชน์ให้เกิดความหลากหลายและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกล้วยน้ำว้า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมสดที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปรเป็นสารให้ความคงตัวเปรียบเทียบกับสารให้ความคงตัวทางการค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปร ทำตามวิธีของ ญาณิศา และคณะ (2536) โดยคัดเลือกกล้วยน้ำว้าผลสีเหลืองเขียวกึ่งดิบกึ่งสุก มีค่าความหวาน 8.0±1.0°Brix นำไปนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 100°C นาน 5 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำมาปอกเปลือกและหั่นเป็นแว่นขนาด 2.0 มิลลิเมตร แช่ในสารละลายกรดซิตริก 0.3% (w/v) ประมาณ 5 นาที แล้วนำขึ้นมาและทำการอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60°C ประมาณ 5 ชั่วโมง จนกระทั่งความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 2-3% (wet basis) หลังจากนั้นนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช จะได้แป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปรที่ใช้เป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตไอศกรีมนมสด

ไอศกรีมนมสดสูตรมาตรฐาน มีส่วนผสมทั้งหมดประกอบด้วยนมสด วิปปิ้งครีม นมผง น้ำตาลทราย ร้อยละ 63.12, 22.62, 3.72 และ 10 ตามลำดับ เติมแป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปรและสารให้ความคงตัวทางการค้า ในปริมาณที่เท่ากันร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด กระบวนการผลิตไอศกรีมนมสด เริ่มจากชั่งน้ำหนักส่วนผสมที่เป็นของแข็งรวมกันไว้ นำส่วนผสมของเหลวไปอุ่นให้มีอุณหภูมิประมาณ 50°C นำส่วนผสมแห้งที่เตรียมไว้ค่อยๆเติมและคนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน และเพิ่มอุณหภูมิให้ถึง 65±1°C เป็นเวลา 10-15 นาที ทำให้เย็นลง ใส่ลงในเครื่องปั่น (Blender) และปั่นด้วยความเร็วสูงสุด เป็นเวลา 1 นาที หลังปั่นนำไอศกรีมเหลวไปให้ความร้อนจนกระทั่งถึง 80°C คงไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 2 นาที แล้วทำให้เย็นลง ได้เป็นไอศกรีมมิกซ์ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 0-4°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (สมจิต, 2544) นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นไอศกรีม จากนั้นนำไอศกรีมไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18°C ก่อนนำไปศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (Munsell color system) pH (pH meter) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix; hand refractometer) ร้อยละการขึ้นฟู (%overrun) ตามวิธีการของ Arbuckle (1986)) ความหนืด (Brookfield; DVEVISCOMETER, RVDVE 230) และเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, Stable Micro System, TA/XT Plus) ด้านความแข็ง (hardness) การเกาะกัน (cohesiveness) และความเหนียวติดกัน (gumminess) และประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมสด โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ให้คะแนนความชอบ (9-hedonic scaling) ด้านลักษณะปรากฏ ความขาว กลิ่นรส ความหวาน ความเนียนละเอียดของเนื้อไอศกรีม ความรู้สึกตกค้างหลังชิม และความชอบโดยรวม ข้อมูลทั้งหมดได้จากการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ พบว่าไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้าจะมีสีขาวอมเหลือง (2.5Y9/2) และเนื้อสัมผัสเป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากแป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปรที่เติมลงไปมีสีออกเหลืองและมีการละลายที่ดี จึงทำให้ไอศกรีมมีเนื้อเนียนละเอียด ไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้เพคตินมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน สีขาวนวลและไม่หนืดมาก ส่วนไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้กัวร์กัมและคาราจีแนนมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน สีขาวนวลและค่อนข้างหนืด ในการวัดค่า pH ของไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้าและสารให้ความคงตัวทางการค้า (pH=6.90) พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของไอศกรีมนมสดทุกสูตรอยู่ในช่วง19-23°Brix ดังแสดงใน Table 1

เมื่อทดสอบร้อยละการขึ้นฟู (%overrun) ของไอศกรีมนมสด หลังจากการนำไอศกรีมมิกซ์ไปตีปั่น พบว่าการใช้แป้งกล้วยน้ำว้าเป็นสารให้ความคงตัว มีผลต่อร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมไม่แตกต่างจากการใช้สารให้ความคงตัวทางการค้าทั้ง 3 ชนิด (เพคติน กัวร์กัม และคาราจีแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$) โดยไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้แป้งกล้วยและสารให้ความคงตัวทางการค้า มีร้อยละการขึ้นฟูอยู่ในช่วง 9.09-9.69 ดังแสดงใน Table 1 ในงานวิจัยของปฐมพร (2548) ได้ศึกษา

ปริมาณแป้งบุกที่เหมาะสมในไอศกรีม พบว่าร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมวานิลลาอยู่ในช่วง 37.61-52.71 ซึ่งมีการขึ้นฟูของไอศกรีมสูง แต่ในการศึกษานี้มีร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากในการผลิตไอศกรีมใช้เครื่องปั่นแบบครัวเรือน (Homemade) แทนเครื่องปั่นไอศกรีมระดับอุตสาหกรรม จึงมีผลต่อการขึ้นฟูของไอศกรีม เพราะเครื่องปั่นไอศกรีมแบบครัวเรือนมีค่าแรงเฉือนต่ำทำให้เซลล์อากาศในไอศกรีมมีขนาดใหญ่และมีปริมาณน้อยกว่า

ผลการวิเคราะห์ความหนืดพบว่า ไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้าและสารให้ความคงตัว มีค่าความหนืดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (3226.67-3866.67 cP) โดยไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้กัวร์กัมและคาราจีแนนมีความหนืดมากกว่าสูตรที่ใช้เพคตินและแป้งกล้วยน้ำว้า ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งในการเติมสารให้ความคงตัวในไอศกรีมนั้น เพื่อเป็นการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไอศกรีมและเพิ่มความข้นหนืดให้กับไอศกรีม จะเห็นได้ว่าแป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปรมีผลต่อความหนืดของไอศกรีมใกล้เคียงกับสารให้ความคงตัวทางการค้า ดังนั้นหากเติมแป้งกล้วยน้ำว้าลงไปในไอศกรีมน่าจะมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความคงตัวในไอศกรีมได้เช่นเดียวกับสารให้ความคงตัวทางการค้า

Table 1 Physicochemical properties of fresh milk ice cream using modified banana flour as a stabilizer compared with fresh milk ice cream using commercial stabilizers at 0.5% (w/w)

Formula of ice cream	%Overrun^{ns}	pH^{ns}	TSS (°Brix)^{ns}	Viscosity (cP)^{ns}
Banana Flour	9.09± 0.00	6.90 ± 0.00	19.67± 2.51	3226.67 ± 614.92
Pectin	9.44± 0.96	6.90 ± 0.00	22.66± 0.00	3330.00 ± 26.45
Guar Gum	9.69± 0.52	6.90 ± 0.00	23.00± 0.00	3746.67 ± 335.46
Carrageenan	9.03± 1.79	6.90 ± 0.00	23.00 ± 1.15	3866.67 ± 23.09

Values are means of triplicate samples

^{ns} = non-significant ($p \geq 0.05$)

ในการวัดเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) การเกาะกัน (Cohesiveness) และความเหนียว (Gumminess) ของไอศกรีมนมสดที่เติมแป้งกล้วยน้ำว้าและสารให้ความคงตัวทางการค้าทั้ง 3 ชนิด (เพคติน กัวร์กัม และคาราจีแนน) พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผลแสดงดัง Table 2

Table 2 Texture analyses showed that hardness, cohesiveness and gumminess of fresh milk ice cream using as a stabilizer compared with fresh milk ice cream using commercial stabilizers at 0.5% (w/w)

Formula of ice cream	Hardness (N)	Cohesiveness (N)	Gumminess (N)
Banana Flour	3.40± 0.53^{a}	0.11± 0.06^{a}	0.26± 0.10^{a}
Pectin	3.87± 2.44^{a}	0.08± 0.03^{a}	0.27± 0.07^{a}
Guar Gum	6.97± 2.43^{b}	0.17± 0.18^{b}	1.43± 1.70^{b}
Carrageenan	2.19± 0.35^{a}	0.07± 0.05^{a}	0.15± 0.08^{a}

Values are means of triplicate samples

$^{a-b}$ Means in the same column with different letters differs significantly ($P \leq 0.05$).

ไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้กัวร์กัมมีค่าเนื้อสัมผัสในด้านความแข็ง การเกาะกัน และความเหนียวติดกันเท่ากับ 6.97 0.17 และ 1.42 N ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าไอศกรีมสูตรที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้าและสูตรอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากกัวร์กัมช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เนียนละเอียดสม่ำเสมอ และช่วยชะลอหรือป้องกันการเกิดเกล็ดน้ำแข็ง การแยกตัวของไขมัน และช่วยให้ไขมันมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการละลาย ส่วนไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้า เพคติน และคาราจีแนน มีลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งอยู่ในช่วง 2.19-3.87 N การเกาะกัน 0.071-0.11 N และความเหนียวติดกัน 0.15-0.27 N ซึ่งแป้งกล้วยน้ำว้าส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมใกล้เคียงกับสารให้ความคงตัวทางค้า ทั้งนี้เนื่องจากแป้งกล้วยมีคุณสมบัติในการละลายที่ดี มีการดูดซับน้ำ และพองตัวได้เมื่อได้รับความร้อน จึงช่วยให้ไอศกรีมมีความคงตัว

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมสดทุกสูตรในด้านลักษณะปรากฏ ความขาว กลิ่นรส ความหวาน ความเนียนละเอียดของเนื้อไอศกรีม ความรู้สึกตกค้างหลังชิม และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ดังแสดงใน Table 3 โดยผู้ทดสอบให้ค่าคะแนนความชอบต่อไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้าด้านลักษณะปรากฏ 7.97 ความขาว 8.27 กลิ่นรส 7.50 ความหวาน 7.50 ความเนียนละเอียดของเนื้อไอศกรีม 7.50 ความรู้สึกตกค้างหลังชิม 7.40 และความชอบโดยรวม 7.97 คะแนน จะเห็นได้ว่าไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้ามีค่าคะแนนความชอบของลักษณะทางประสาทสัมผัสทุกด้านใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรที่เติมสารให้ความคงตัวทางการค้า และผู้ทดสอบให้การยอมรับไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้ามากที่สุด ดังนั้นแป้งกล้วยน้ำว้าจึงสามารถนำมาใช้ทดแทนสารให้ความคงตัวทางการค้าในไอศกรีมได้ เพื่อช่วยปรับปรุงความคงตัวในไอศกรีม และช่วยให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน เมื่อรับประทานทำให้ได้กลิ่นรสที่ชัดเจนขึ้น

Table 3 Sensorial properties of fresh milk ice cream using modified banana flour as a stabilizer compared with fresh milk ice cream using commercial stabilizers at 0.5% (w/w)

Formula of ice cream	Liking score^{ns}						
	appearance	whiteness	flavor	sweetness	smoothness	aftertaste	overall liking
Banana Flour	7.97±0.92	8.27±0.90	7.50±1.38	7.50±1.33	7.73±1.01	7.40±1.00	7.97±0.80
Pectin	8.03±1.16	8.23±1.01	7.53±1.04	7.33±1.18	8.00±1.31	7.57±1.01	7.70±1.05
Guar Gum	8.13±1.01	8.27±1.05	7.13±1.38	7.27±1.48	7.30±1.51	7.17±1.64	7.57±1.25
Carrageenan	8.31±0.82	8.37±0.76	7.40±1.30	7.53±1.38	7.63±1.24	7.27±1.23	7.73±1.34

Values are means of triplicate samples

^{ns} = non-significant ($p \geq 0.05$)

สรุปผล

การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปรเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมสดที่ระดับ 0.5% ช่วยเพิ่มความคงตัว และทำให้ไอศกรีมมีรูปลักษณ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเช่นเดียวกับสารให้ความคงตัวทางการค้า

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ประจำปีงบประมาณ 2555

เอกสารอ้างอิง

เดชา วัฒนชัยยิ่งเจริญ, 2542, กล้วยไทยสู่ปี 2000, กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร, เอกสารประกอบการสัมมนา.

ญาณิศา รัตอาภา วิภา สุโรจนะเมธากุล มาฤดี ผ่องพิพัฒนพงศ์ ตวิษา โลหะนะ ไพลิน ผู้พัฒน์ และวารุณี ประดิษฐ์ศรีกุล, 2536, การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งกล้วย, วารสารอาหาร, 23(3): 197-208.

ปฐมพร เช้าเจริญ, 2548, ผลของการใช้แป้งบุกเป็นสารคงตัวในไอศกรีม, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมจิต สุรพัฒน์, 2544, ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น, 2545, การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Arbuckle, W. S, 1986, Ice Cream, 4th ed, Van Nostrand Reinhold, New York.

Faisant, N., Gallant, D.J., Bouchet, B. and Champ, M., 1995, Banana starch breakdown in the human small intestine studied by electron microscope, European Journal Clinical Nutrition, 49:98-104.

Strosse, H., Schoofs, H., Panis, B., Andre, E., Reyniers, K. and Swennen, R., 2006. Development of embryogenic cell suspensions from shoot meristematic tissue in bananas and plantains (Musa spp.). Plant Science.170:104.

ผลของกระบวนการผลิตต่อการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของชาเปลือกส้มโอ

Effect of Processing on Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Pummelo Peel Tea

นันท์ชนก นันทะไชย[1] ศศา มนต์นามอญ[1] และคณาภรณ์ ปะนาเต[1]
Nanthachai, N.[1], Monnamorn, S.[1], and Panate, K.[1]

Abstract

This research aimed to analyze the utilization of agricultural by-product such as pummel peel. The study of effect of processing on qualities of tea from pummelo peel variety "Khao-Nam-Pung" found that rolling time (10 and 20 minutes), duration of fermentation (1 and 3 hours) and drying temperature (50 and 60°C) did not affect total phenolic content. Pummelo peel tea had total phenolic content at 123.79 - 211.88 μg gallic acid/ml and there was no significant difference ($p>0.05$) in total phenolic content of all treatments. The result of DPPH assay indicated that free radical scavenging of pummel peel tea fermented for 1 hour ranged from 61.74 to 62.15% which was significantly higher ($p\leq0.05$) than the tea fermented for 3 hours. However, rolling time and drying temperature did not affect free radical scavenging. For sensory evaluation, the result showed that pummel peel processed by rolling for 20 minutes, 1 hour for fermentation and drying at 50°C tended to have the most acceptability. The scores for color, odor, taste and overall acceptance were 7.20, 6.77, 6.43 and 6.97 respectively.

Keywords: tea, pummelo, total phenolic content, antioxidant activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเปลือกส้มโอซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ โดยการศึกษาผลของกระบวนการผลิตที่มีต่อคุณภาพของเครื่องดื่มชาจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พบว่าเวลาการนวด (10 และ 20 นาที) เวลาการหมัก (1 และ 3 ชั่วโมง) และอุณหภูมิการอบ (50 และ 60°C) ไม่มีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ชาเปลือกส้มโอมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง 123.79 – 211.88 μg gallic acid/ml โดยทุกสิ่งทดลองมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) สำหรับผลการวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่า การหมักเปลือกส้มโอเป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีค่าการต้านอนุมูลอิสระอยู่ระหว่าง 61.74 – 62.15% สูงกว่าการหมักเปลือกส้มโอเป็นเวลา 3 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) อย่างไรก็ตามเวลาการนวดและอุณหภูมิการอบไม่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระของชาจากเปลือกส้มโอ สำหรับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้น พบว่าชาเปลือกส้มโอที่ใช้เวลาการนวด 20 นาที เวลาการหมัก 1 ชั่วโมง และอุณหภูมิการอบที่ 50°C มีแนวโน้มได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.20, 6.77, 6.43 และ 6.97 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ชา ส้มโอ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด การต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ชาสมุนไพร หมายถึง น้ำที่ชงจากสมุนไพร ใบไม้ ดอกไม้ หรือผลไม้ ของพืชอื่นๆ ที่ไม่มีส่วนผสมจากต้นชา (วิกิพีเดีย, 2554) กระบวนการผลิตชาเริ่มจากการผึ่งใบชาด้วยลมในตะแกรงให้แห้ง จนใบชาลดน้ำหนักเหลือเพียง 30% ของน้ำหนักเดิม จากนั้นจึงนำใบชามานวดเพื่อให้ใบม้วนตัวและกระตุ้นให้สาร tannin ที่มีอยู่ในใบชาทำให้ใบชามีรสฝาดขม แล้วจึงนำมาหมักเพื่อให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับใบชาจนใบเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล จากนั้นใบชาจะถูกอบด้วยความร้อนเพื่อเป็นการหยุดปฏิกิริยาเคมีในใบชา (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2554)

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2 พหลโยธิน 87 ซอย 2 ประธิปัตย์ ธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2 Phaholyothin 87 Soi 2, Prachathaipat, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

ส้มโอมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus grandis* หรือ *Citrus mazima Mree* มีชื่อสามัญว่า Pummelo และ Shaddock อยู่ในวงศ์ Rutacceae (มนัส, 2543) ผลส้มโอมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-30 cm และเป็นส่วนเปลือกหนาประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร (นฤมล, 2552) ซึ่งเปลือกของผลไม้ตระกูลส้มมีสารจากธรรมชาติที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น flavonoids, carotenoids และเพคตินอยู่มาก (Wang และคณะ, 2008) การแปรรูปผลไม้ทำให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเช่น เปลือกและเมล็ด ซึ่งมีรายงานว่าเปลือกผลไม้เป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์สามารถใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เปลือกลองกอง เปลือกมะม่วง เปลือกส้มโอ มีรายงานว่าเปลือกผลไม้ดังกล่าวมีสารประกอบฟีนอลอยู่มาก (Ajila และคณะ, 2007; Wang และคณะ, 2008; Lichanporn และคณะ, 2009) สารประกอบฟีนอล คือสารที่มีสูตรโครงสร้างมี OH group บน aromatic ring ตั้งแต่ 1 กลุ่มขึ้นไป พบได้ในพืช ผักและผลไม้ทั่วไป สารประกอบฟีนอลจากผักและผลไม้มีประโยชน์ต่อร่างกายและเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) phenolic acid และ flavonoids เป็นกลุ่มสำคัญของสารประกอบฟีนอลที่พบในอาหารของมนุษย์ (Sahelian, 2011) ดังนั้นเปลือกผลไม้ในรูปแบบเครื่องดื่มชาชง จึงน่าจะเป็นรูปแบบหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ในลักษณะชาชง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาชงจากเปลือกส้มโอ

อุปกรณ์และวิธีการ

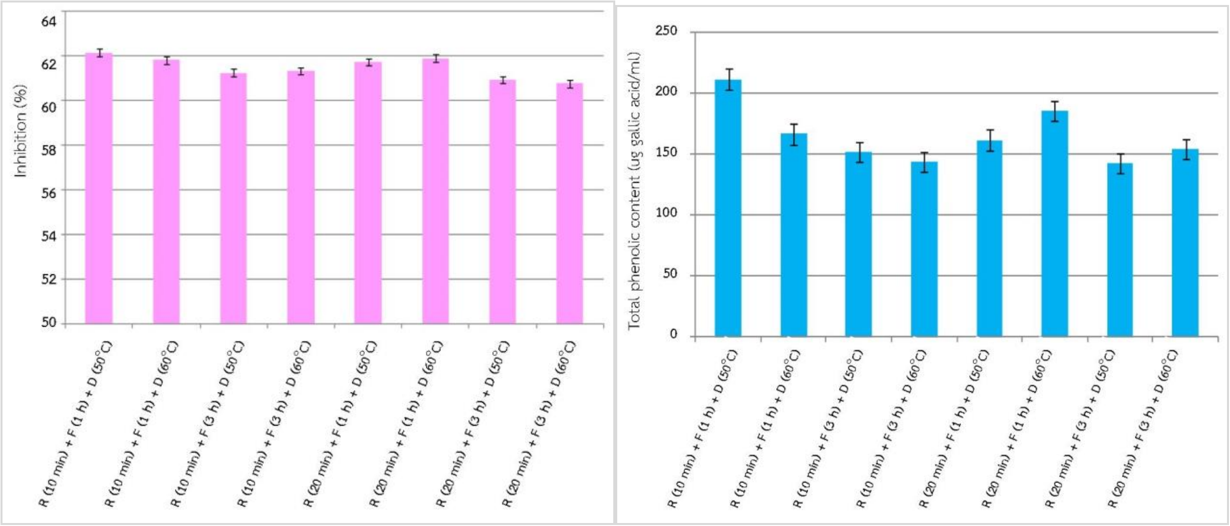
นำเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (ทั้งส่วนที่เป็นเปลือกสีเขียวและขาว) 2 ครั้ง แล้วล้างด้วยสารละลายด่างทับทิม จากนั้นล้างด้วยสารละลายคลอรีน 10 ppm นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ วิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบเริ่มต้น ได้แก่ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยการวิเคราะห์ DPPH และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

กระบวนการผลิตชา มีขั้นตอนดังนี้ นำเปลือกส้มโอที่หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วไปผึ่ง จากนั้นทำการนวดและหมัก นำไปอบจนแห้ง แล้วจึงบดให้ละเอียด และบรรจุซอง ศึกษาผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของชาเปลือกส้มโอ โดยศึกษาเวลาในการนวด (10 และ 20 นาที) เวลาในการหมัก (1 และ 3 ชั่วโมง) และอุณหภูมิการอบ (50 และ 60°C) ที่เหมาะสมของเปลือกส้มโอ มีทั้งหมด 8 สิ่งทดลอง (สิ่งทดลองที่ 1: การนวด 10 นาที + การหมัก 1 ชั่วโมง + การอบที่ 50°C, สิ่งทดลองที่ 2: การนวด 10 นาที + การหมัก 1 ชั่วโมง + การอบที่ 60° C, สิ่งทดลองที่ 3: การนวด 10 นาที + การหมัก 3 ชั่วโมง + การอบที่ 50°C, สิ่งทดลองที่ 4: การนวด 10 นาที + การหมัก 3 ชั่วโมง + การอบที่ 60°C, สิ่งทดลองที่ 5: การนวด 20 นาที + การหมัก 1 ชั่วโมง + การอบที่ 50° C, สิ่งทดลองที่ 6: การนวด 20 นาที + การหมัก 1 ชั่วโมง + การอบที่ 60° C, สิ่งทดลองที่ 7: การนวด 20 นาที + การหมัก 3 ชั่วโมง + การอบที่ 50° C, สิ่งทดลองที่ 8: การนวด 20 นาที + การหมัก 3 ชั่วโมง + การอบที่ 60° C) วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยการวิเคราะห์ DPPH และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผงชาเปลือกส้มโอ จากนั้นจึงคัดเลือกให้เหลือเพียง 4 สิ่งทดลองที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด เพื่อนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-Point Hedonic Scale ทดสอบความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เปลือกส้มโอสดมีการยับยั้งอนุมูลอิสระ 61.10% และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 152.36 μg gallic acid/ml เมื่อนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปกลายเป็นผงชาแล้วพบว่าการหมักเป็นเวลา 1 ชั่วโมงมีผลทำให้การยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (Figure 1a) และมีค่าสูงกว่าการหมักเป็นเวลา 3 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) วิธีการวิเคราะห์ความสามารถต้านอนุมูลอิสระด้วยสาร DPPH เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว (Molyneux, 2004)

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผงชาจากเปลือกส้มโอทั้ง 8 สิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 143.79 – 211.88 μg gallic acid/ml (Figure 1b) ซึ่งไม่มีความแตกต่างจากเปลือกส้มโอสดเช่นกัน แสดงให้เห็นว่ากระบวนการนวด การหมัก และการอบไม่มีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารประกอบฟีนอลิกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เช่น มีการสังเคราะห์ และมีการสลายตัว โดยมีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น แสง และ อุณหภูมิ เป็นต้น (ศิวาพร และ ณัฏฐินี, 2546) อย่างไรก็ตามการนวดเปลือกส้มโอเป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีแนวโน้มให้ค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าการนวดที่ 3 ชั่วโมง ผลนี้สอดคล้องกับค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ เมื่อนำมาหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดกับค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระของชาเปลือกส้มโอ พบว่าค่า R^2 = 0.67 ดังนั้นจึงถือว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยมาก (Figure 2)



(a) (b)

Figure 1 Chemical properties of pummel peel tea (a) DPPH Scavenging Activity (b) total phenolic content Symbols; R, F and D in figure mean rolling, fermentation and drying, respectively

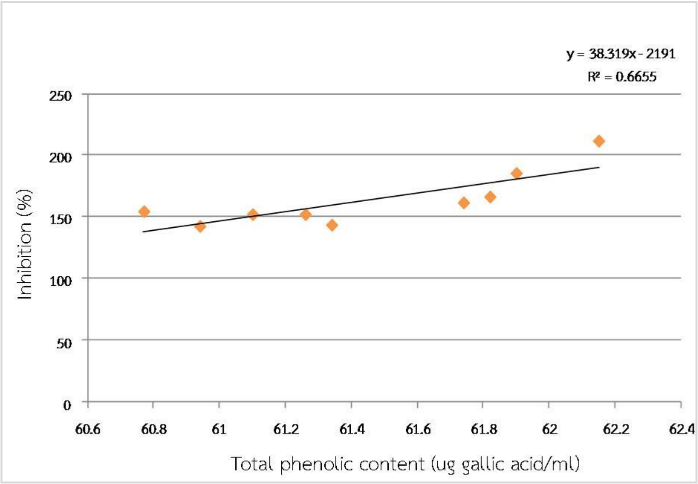


Figure 2 Relationship between total phenolic content and DPPH scavenging activity of tea from pummel peel

เมื่อพิจารณาจากค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดแล้ว จึงคัดเลือก 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ สิ่งทดลองที่ 1 (การนวด 10 นาที + การหมัก 1 ชั่วโมง + การอบที่ 50°C) สิ่งทดลองที่ 2 (การนวด 10 นาที + การหมัก 1 ชั่วโมง + การอบที่ 60°C) สิ่งทดลองที่ 5 (การนวด 20 นาที + การหมัก 1 ชั่วโมง + การอบที่ 50°C) และสิ่งทดลองที่ 6 (การนวด 20 นาที + การหมัก 1 ชั่วโมง + การอบที่ 60°C) มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ความชอบด้านสีของน้ำชาเปลือกส้มโอทั้ง 4 สิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) เปลือกส้มโอที่ใช้เวลาการนวด 10 นาที การหมัก 1 ชั่วโมง และอบที่ 50°C มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมน้อยที่สุด ($p\leq0.05$) ความชอบโดยรวมของน้ำชาเปลือกส้มโอที่ผ่านการนวดเป็นเวลา 20 นาที สูงกว่าการนวดเป็นเวลา 10 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) และชาเปลือกส้มโอที่ผ่านกระบวนการการนวด 20 นาที การหมัก 1 ชั่วโมง และการอบที่ 50°C มีแนวโน้มมีแนวโน้มได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.20, 6.77, 6.43 และ 6.97 ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Sensory evaluation of pummelo peel tea

Treatment			Color[ns]	Odor	Taste	Overall acceptability
Rolling (minute)	Fermentation (hour)	Drying (°C)				
10	1	50	7.43	6.23[b]	5.77[b]	6.33[b]
10	1	60	7.23	6.33[b]	6.20[ab]	6.30[b]
20	1	50	7.20	6.77[a]	6.43[a]	6.97[a]
20	1	60	7.20	6.50[ab]	6.53[a]	6.83[a]

Mean of the same column with different supers cripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)
ns = not significantly differences ($p>0.05$)

สรุปผล

กระบวนการผลิตทั้งการนวด การหมัก และการอบไม่มีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด แต่การหมักเปลือกส้มโอเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการหมัก 3 ชั่วโมง ในขณะที่เวลาการนวดและอุณหภูมิการอบไม่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระของชาจากเปลือกส้มโอ และเวลาในการนวดมีผลต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ โดยชาเปลือกส้มโอที่ใช้เวลาการนวด 20 นาที มีคะแนนความชอบในด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม สูงกว่าการนวดเป็นเวลา 10 นาที

เอกสารอ้างอิง

นฤมล มานิพพาน, 2552, ส้มโอ, สำนักพิมพ์ส่งเสริมอาชีพธุรกิจ เพชรกะรัต, กรุงเทพฯ, 79 หน้า.

มนัส จูมี, 2543, ส้มโอ, วิทยาเขตพิษณุโลก สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 86 หน้า.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2554. ชา [สืบค้น], http://th.wikipedia.org/wiki/ชา [24/ March/ 2012].

ศิวาพร ศิวเวช และณัฏฐินี ใจสะอาด, 2546, การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกมันฝรั่ง, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพมหานคร, หน้า 12 – 19.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2554, ชา[สืบค้น], http://www.tistr-foodprocess.net/Tea.htm [24/ March/ 2012].

Ajila, C.M., Bhat, S.G., and Prasada Rao, U.J.S., 2007, Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties, Food Chemistry, 102:1006–1011.

Lichanporn, I., Srilaong, V., Wongs-Aree, C. and Kalayanarat, S., 2009, Postharvest physiology and browning of longkong (*Aglaia dookkoo.* Griff.) fruit under ambient conditions, Postharvest Biology and Technology, 52:294-299.

Molyneux, P., 2004, The use of the stable free radical diphenyipicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity, Songklanakarin Journal of Science and Technology, 26:211-219.

Sahelian, R. 2011. Polyhenols supplement research stydy, health benefit. http://www.raysahelian.com. 25th March 2011.

Simic, M.G. and Taylor, K.A., 1988, Introduction to peroxidation and antioxidation mechanisms, Basic Life Science, 49:1-10.

Wang, Y.C., Chuang, Y.C. and Hsu, H.W., 2008, The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan, Food Chemistry, 106:277-284.

การศึกษาความสามารถในการเจริญและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลด้วยยีสต์ทนร้อน

Study of Growth Ability and Optimum Temperature for Ethanol Fermentation from Molassesby Thermotolerant Yeast

ปริญญพันธุ์ เพชรจรัส[1] และ เมทินี วสุนทราวัฒน์[2]

Phetcharat, P.[1] and Wasuntrawat, M.[2]

Abstract

This present research aimed to study the growth ability and optimum temperature for ethanol fermentation from molasses by thermotolerant yeast. Four isolates of thermotolerant yeasts (NK1.4, NK3-5, NK3-10 and NK3-14) were selected from Thai traditional starters (Loog-pang). Studying the growth ability of all yeast isolates was done. Yeasts were cultured by using YM broth medium in the incubator shaker at shaker speed 150 rpm, 52 hrs. The result indicated that NK1-4 isolate exhibited the highest growth rate. The specific growth rate value (μ) of this isolate was 0.1356, 0.1354 and 0.0922 h^{-1} when incubated at 30, 35 and 40ºC, respectively. Therefore, NK1-4 was used for studying the optimum temperature for ethanol fermentation from molasses. The incubating temperature for ethanol fermentation was varied (30, 35 and 40ºC). The result showed that NK1-4 isolate produced the highest ethanol concentration (8.0% v/v) on day 8 at 35ºC.

Keywords: thermotolerant yeast, Loog-pang, ethanol, molasses

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการเจริญและศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลโดยยีสต์ทนร้อน ทำได้โดยนำยีสต์ทนร้อน 4 ไอโซเลต ที่แยกได้จากลูกแป้งเหล้า คือ NK1-4, NK3-5, NK3-10 และ NK3-14 มาเพาะเลี้ยงในอาหาร YM broth เพื่อศึกษาความสามารถในการเจริญที่อุณหภูมิต่างๆ โดยบ่มเชื้อบนเครื่องเขย่าความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 52 ชั่วโมง พบว่า ยีสต์ NK1-4 มีอัตราการเจริญสูงสุด โดยมีค่าอัตราการเจริญจำเพาะ (μ) เท่ากับ 0.1356, 0.1354 และ 0.0922 ต่อชั่วโมง(h^{-1}) เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 30, 35 และ 40ºC ตามลำดับ จากนั้นนำยีสต์ NK1-4 มาศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตเอทานอลโดยใช้อาหารที่เตรียมจากกากน้ำตาล โดยแปรผันอุณหภูมิในการหมักเป็น 30, 35 และ 40ºC จากผลการทดลองพบว่า ยีสต์สามารถผลิตเอทานอลได้เร็วและสูงสุดที่อุณหภูมิ 35ºC มีปริมาณเอทานอลสูงสุดในวันที่ 8 ของการหมัก โดยวัดปริมาณเอทานอลได้เท่ากับ 8.0% (v/v)

คำสำคัญ: ยีสต์ทนร้อน ลูกแป้ง กากน้ำตาล เอทานอล

คำนำ

กากน้ำตาล (Molasses) เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำตาลที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักเอทานอลอย่างแพร่หลาย เนื่องจากประกอบด้วยน้ำตาลจำพวก fermentative sugars ที่เหมาะสมต่อการเป็นแหล่งคาร์บอนของจุลินทรีย์ (Cazetta และคณะ, 2007) การใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลโดยยีสต์ พบว่า กากน้ำตาล 1 ตัน สามารถเปลี่ยนเป็นเอทานอลได้ 260 ลิตร ในอุตสาหกรรมน้ำตาลโดยทั่วไป หากมีอ้อย 1 ตัน จะได้กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้ประมาณ 45-50 กิโลกรัม/ตัน (ศูนย์การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยอำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์, 2551) กากน้ำตาลจึงนับว่าเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงในการใช้เพื่อผลิตเอทานอล นอกจากการใช้วัตถุดิบที่เหมาะสมจะมีผลต่อปริมาณเอทานอลที่หมักได้แล้ว สภาวะต่างๆ ที่ใช้ในการหมัก เช่น อุณหภูมิ และ pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อ รวมทั้งสายพันธุ์ของยีสต์ที่ใช้ก็เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการหมักเช่นกัน การหมักเอทานอลในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งผลต่อดีต่อ

[1] คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

[1] Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, 64 Taharn Road. Tambol Maak-kheng, Amphur Muang, Udon Thani. 41000

[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถนนทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

[2] Faculty of Scince, Udon Thani Rajabhat University, 64 Taharn Road. Tambol Maak-kheng, Amphur Muang, Udon Thani. 41000

การผลิตเอทานอลในพื้นที่เขตร้อน โดยจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการลดอุณหภูมิของถังหมัก และยังช่วยลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นได้ด้วย ซึ่งการหมักเอทานอลที่อุณหภูมิสูงนี้ จะต้องใช้ยีสต์สายพันธุ์ทนร้อน (Thermotolerant) ในการหมัก (Limtong และคณะ, 2007) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจจะนำยีสต์สายพันธุ์ทนร้อนที่แยกได้จากลูกแป้งเหล้ามาศึกษาความสามารถในการเจริญ และศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตเอทานอลโดยใช้อาหารดัดแปลงจากกากน้ำตาล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่นำไปใช้ในการผลิตเอทานอลอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. **การศึกษาความสามารถในการเจริญของยีสต์ทนร้อน** โดยนำยีสต์ทนร้อนจำนวน 4 ไอโซเลต ได้แก่ NK1-4, NK3-5, NK3-10 และ NK3-14 ที่แยกได้จากลูกแป้งเหล้าในเขตจังหวัดอุดรธานี และจังหวัดหนองคาย โดย Phetcharat และ Wasuntrawat (2013) มาศึกษาความสามารถในการเจริญโดยการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ YM broth บ่มในเครื่องเขย่า (Incubator shaker) ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 52 ชั่วโมง แปรผันอุณหภูมิเป็น 30, 35 และ 40°C ทำการเก็บตัวอย่างน้ำหมักทุก 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร และหาค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง (dry weight) แล้วคำนวณหาอัตราการเจริญจำเพาะ (μ) ของยีสต์ทุกไอโซเลตเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเจริญ

2. **การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล** ทำได้โดยนำยีสต์ทนร้อนที่มีอัตราการเจริญสูงสุดจากผลการวิจัยในข้อ 1 มาเพาะเลี้ยงในอาหารดัดแปลงจากกากน้ำตาล ปริมาตร 450 มิลลิลิตร โดยใช้เชื้อตั้งต้น 10% นำไปตั้งในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30, 35 และ 40°C เป็นเวลา 12 วัน เก็บตัวอย่างทุกวัน ห่างกัน 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณเอทานอลที่เปลี่ยนแปลง สำหรับอาหารดัดแปลงจากกากน้ำตาลที่ใช้หมักมีส่วนประกอบดังนี้ Na_2HPO_4 1.2 กรัมต่อลิตร KH_2PO_4 0.8 กรัมต่อลิตร $MgSO_4.7H_2O$ 0.4 กรัมต่อลิตร $MnSO_4.H_2O$ 0.1 กรัมต่อลิตร และเติมกากน้ำตาลให้มีปริมาณน้ำตาลเริ่มต้น 22°Brix (pH 4.8) นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

3. **การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์** ใช้วิธี DNS (Miller, 1959)

4. **การหาปริมาณเอทานอล**โดยใช้ Ebulliometer

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาความสามารถในการเจริญของยีสต์ทนร้อน

จากการนำยีสต์ทนร้อน 4 ไอโซเลต ได้แก่ NK1-4, NK3-5, NK3-10 และ NK3-14 ที่แยกได้จากลูกแป้งเหล้าในเขตจังหวัดอุดรธานี และจังหวัดหนองคาย โดย Phetcharat และ Wasuntrawat (2013) มาศึกษาความสามารถในการเจริญโดยการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ YM broth พบว่า ยีสต์ไอโซเลต NK1-4 สามารถเจริญได้ดีกว่าทุกไอโซเลต ในทุกอุณหภูมิที่ใช้บ่ม และเมื่อนำค่าน้ำหนักของเซลล์แห้งมาคำนวณหาอัตราการเจริญจำเพาะ(μ) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.1356, 0.1354 และ 0.0922 ต่อชั่วโมง(h^{-1}) เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 30, 35 และ 40°C ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phetcharat และ Wasuntrawat (2013) ที่พบว่ายีสต์ทนร้อนไอโซเลต NK1-4 สามารถเจริญได้ดีที่สุดจากยีสต์ทั้งหมด 10 ไอโซเลต โดยมีค่าอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 0.1233 ต่อชั่วโมง (h^{-1}) เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 45°C แต่ไม่สามารถสร้างเอทานอลได้

Table 1 Specific growth rate of four isolates of thermotolerant yeasts when incubated at 30, 35 and 40°C

thermotolerant yeasts	specific growth rate (h^{-1})		
	30°C	35°C	40°C
NK1-4	0.1356	0.1354	0.0922
NK3-5	0.0908	0.0673	0.0700
NK3-10	0.0810	0.0612	0.0524
NK3-14	0.0422	0.0379	0.0347

2. ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล

นำยีสต์ไอโซเลต NK1-4 ที่มีอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด มาทำการหมักเอทานอลเพื่อศึกษาอุณหภูมิสูงสุดที่ยีสต์สามารถผลิตเอทานอลได้ โดยการเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารกากน้ำตาลปริมาตร 450 มิลลิลิตร ใช้เชื้อตั้งต้น 10% นำไปตั้งในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30, 35 และ 40°C เป็นเวลา 12 วัน เก็บตัวอย่างทุกวัน ห่างกัน 24 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังแสดงใน Table 2 และ Figure 1

Table 2 The optimum temperature for ethanol fermentation of isolates of thermotolerant yeasts NK1-4 at 30, 35 and 40°C

Time (day)	30°C			35°C			40°C		
	Dry weight (g/L)	Sugar content (°Brix)	Ethanol content (% v/v)	Dry weight (g/L)	Sugar content (°Brix)	Ethanol content (% v/v)	Dry weight (g/L)	Sugar content (°Brix)	Ethanol content (% v/v)
1	3.52	20.5	0	2.54	22.5	0	3.64	22	0
2	4.02	17.5	4.55	3.12	19	4.25	3.76	22	0
3	4.26	16	5.8	3.60	17	5.25	4.04	22	0
4	4.06	15	6.5	4.16	15	6.5	4.62	22	0
5	5.44	14	6.5	4.32	14	6.8	5.60	22	0
6	5.98	13.5	7.6	5.54	13.5	7.9	6.60	22	0
7	6.12	13	7.4	5.20	13.5	7.1	5.48	22	0
8	6.38	12.5	7.7	5.40	13.5	8.0	4.32	22	0
9	5.62	12	7.7	4.88	13.5	8.0	3.64	22	0
10	13.44	13	7.3	4.06	13.5	7.4	4.04	22	0
11	14.80	13	7.1	3.79	13.5	7.6	4.80	22	0
12	14.40	13	7.0	3.60	13.5	7.4	4.74	22	0

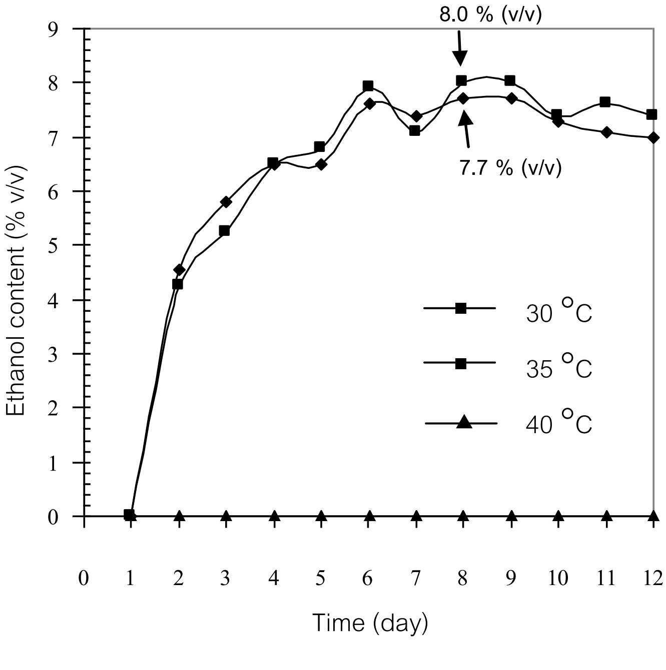


Figure 1 NK 1-4 Ethanol production profile for the 3 different temperatures plotted as a function of time

จาก Table 2 และ Figure 1 แสดงให้เห็นว่า เมื่อบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30°C ยีสต์ไอโซเลต NK1-4 สามารถเจริญและผลิตเอทานอลได้ปริมาณสูงสุดในวันที่ 8 ของการหมัก โดยมีปริมาณเอทานอล 7.7% (v/v) และเมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 35°C ยีสต์ NK 1-4 ก็สามารถเจริญได้ดีและผลิตเอทานอลได้สูงสุดในวันที่ 8 ของการหมักเช่นกัน แต่ได้เอทานอลในปริมาณสูงกว่าการบ่มที่อุณหภูมิ 30°C คือได้ปริมาณเอทานอล 8.0% (v/v) ในขณะที่เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 40°C ยีสต์ NK 1-4 สามารถเจริญได้ แต่ไม่สามารถผลิตเอทานอลได้เลย ทั้งนี้อาจเกิดจากปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อง ซึ่ง Somda และคณะ (2011) ได้อธิบายว่า ปัจจัยทางกายภาพภายนอกเซลล์อาจมีผลทำให้โครงสร้างภายในเซลล์หรือเมแทบอลิซึมของเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลง หรืออาจจะมีผลไปต่อกลไกการแสดงออกของจีน (Gene expression) ที่เกี่ยวข้องกับระบบการสังเคราะห์สารภายในเซลล์ โดยที่อุณหภูมิก็เป็นปัจจัยภายนอกที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเจริญและการผลิตเอทานอล์ ซึ่งอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะไม่เหมาะต่อการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ในวิถีการหมัก (Fermentation) ของยีสต์ (รัชนี, 2541)

สรุปผล

การศึกษาความสามารถในการเจริญของยีสต์ทนร้อน 4 ไอโซเลต ได้แก่ NK1-4, NK3-5, NK3-10 และ NK3-14 ที่แยกได้จากลูกแป้งเหล้าในเขตจังหวัดอุดรธานี และจังหวัดหนองคาย โดย Phetcharat และ Wasuntrawat (2013) โดยทำการเพาะเลี้ยงยีสต์ทุกไอโซเลตด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ YM broth พบว่า ยีสต์ไอโซเลต NK1-4 สามารถเจริญได้ดีกว่าทุกไอโซเลต ในทุกอุณหภูมิที่ใช้บ่ม และเมื่อนำค่าน้ำหนักของเซลล์แห้งมาคำนวณหาอัตราการเจริญจำเพาะ (µ) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.1356, 0.1354 และ 0.0922 ต่อชั่วโมง (h^{-1}) เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 30, 35 และ 40°C ตามลำดับ จากนั้นนำยีสต์ไอโซเลต NK 1-4 มาศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักเอทานอล โดยทำการเพาะเลี้ยงยีสต์ไอโซเลต NK1-4 ในอาหารดัดแปลงจากกากน้ำตาลที่มีปริมาณน้ำตาล 22°Brix บ่มที่อุณหภูมิ 30, 35 และ 40°C เป็นเวลา 12 วัน พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งยีสต์สามารถผลิตเอทานอลได้เร็วและมีปริมาณสูงสุด คืออุณหภูมิ 35°C โดยยีสต์ไอโซเลต NK1-4 สามารถผลิตเอทานอลได้สูงสุด ปริมาณเท่ากับ 8.0% (v/v) ในวันที่ 8 ของการหมัก ซึ่งใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30°C คือ ยีสต์สามารถผลิตเอทานอลได้ในปริมาณ 7.7% (v/v) ในวันที่ 8 ของการหมักเช่นกัน แต่เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 40°C ยีสต์สามารถใช้น้ำตาลเพื่อการเจริญและเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ แต่ไม่มีการผลิตเอทานอล ทั้งนี้อาจเกิดจากอุณหภูมิสูงเกินไปไม่เหมาะสำหรับการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ในวิถีการหมักเอทานอลของยีสต์นั่นเอง

คำขอบคุณ

คณะวิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

รัชนี จันทรัตน์. 2541, การเปรียบเทียบการหมักแอลกอฮอล์ของ Bottom Yeast (ยีสต์สายพันธุ์ 41) และ Top Yeast (ยีสต์สายพันธุ์ 52) โดยใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ, รายงานโครงการวิจัยปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศูนย์การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยอำเภอหนองกุงศรี, จังหวัดกาฬสินธุ์, การผลิตเอทานอล [สืบค้น], http://kalasin.nfe.go.th/nks/index.php?name=knowledge&file=readknowledge&id=31 [18/July/13].

Cazetta, M.L., Celligoi M.A.P.C., Buzato J.B. and Scarmino, I.S., 2007, Fermentation of molasses by Zymomonas mobilis: Effects of temperature and sugar concentration on ethanol production, Bioresource Technology, 98: 824–2828.

Limtong, S., Chutima, S. and Yongmanitchai, W., 2007, Production of fuel ethanol at high temperature from sugar cane juice by a newly isolated *Kluyveromyces marxianus*, Bioresource Technology, 98(17):3367-3374.

Miller, G. L., 1959. Use of dinitrisalicylic acid reagent for determination of reducing sugars, Analytical Chemistry, 31: 426-429.

Phetcharat, P. and Wasuntrawat, M., 2013, Screening of Thermotolerant Yeast from Thai Traditional Starters for Ethanol Production, Proceeding-Science and Engineering (2013): 67-73.

Somda, A., Savadogo, A., Ouattara, C.A.T., Ouattara, A.S. and Traore, A.S., 2011, Thermotolerant and Alcohol-Tolerant Yeast Targeted to Optimize Hydrolyzation from Mango Peel for High Bioethanol Production, Asian Journal of Biotechnology, 3(1):77-83.

ผลของรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของอบเชย (*Cinnamomum zeylanicum*)

Effect of Gamma Radiation and Electron Beam on Microbiological Quality of Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*)

จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ[1] วชิราภรณ์ ผิวล่อง[1] สุรศักดิ์ สัจจบุตร[1] และ ศิริลักษณ์ สิงห์เพชร[1]

Eamsiri, J.[1] Pewlong, W.[1], Sajjabut, S.[1] and Singphet, s.[1]

Abstract

The aim of the present study was to evaluate the effect of gamma rays and electron beams on microbiological quality of ground cinnamon. The radiation processing was carried out at the dose of 0, 5, 10, 15 and 20 kGy. The irradiated and non-irradiated samples were analyzed for total bacteria, total yeast and mold, Coliform bacteria, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* . The results indicated that both of ionizing radiation was able to diminish microbial load in which the reduction linearly decreased with absorbed dose. Total bacterial count and total yeasts and molds were below the detection levels in irradiated samples at 10 and 5 kGy, respectively. *Clostridium perfringens* and *Bacillus cereus* were eliminated by irradiation at 5 kGy. The minimal dose at 5 kGy was sufficient to effectively improve the microbial quality of cinnamon powder.

Keywords: cinnamon, irradiation, microbiological quality

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของการฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนต่อคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผงอบเชย ที่ปริมาณรังสี 0, 5, 10, 15 และ 20 กิโลเกรย์ และตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราทั้งหมด และเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ Coliform bacteria, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อราทั้งหมดมีปริมาณลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น โดยปริมาณรังสีที่ 10 และ 5 กิโลเกรย์สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อยีสต์และราทั้งหมดได้ตามลำดับ ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ Coliform bacteria, *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp.ไม่พบทั้งในตัวอย่างที่ฉายรังสีและไม่ฉายรังสี ส่วนเชื้อ *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* สามารถกำจัดได้โดยการฉายรังสีปริมาณ 5 กิโลเกรย์ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการฉายรังสีปริมาณ 5 กิโลเกรย์เพียงพอในการควบคุมคุณภาพทางจุลชีววิทยาให้เป็นไปตามมาตรฐานได้

คำสำคัญ: อบเชย การฉายรังสี คุณภาพทางจุลชีววิทยา

คำนำ

ปัจจุบันความต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์แปรรูปจากสมุนไพรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากสมุนไพรมีสรรพคุณในการรักษาโรคและช่วยบำรุงร่างกาย อบเชย (*Cinnamomum zeylanicum*) เป็นสมุนไพรอีกชนิดที่เป็นที่รู้จักกันตั้งแต่สมัยโบราณและมีการนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง เนื่องจากมีสรรพคุณในการรักษาโรค อบเชยมีสรรพคุณทางยา เนื่องจากมีแทนนินสูงที่ให้รสฝาดจึงนิยมใช้ในยาตำรับแผนโบราณเช่น เป็นส่วนผสมในยาหอมต่าง ๆ โดยใช้ส่วนของเปลือกลำต้น ใช้ในการแก้จุกเสียด แน่นท้อง หรือใช้ในการทำยานัตถุ์ใช้สูดดม เพื่อเพิ่มความสดชื่น ลดอาการอ่อนเพลีย แก้โรคท้องร่วงเพราะมีส่วนช่วยต้านแบคทีเรียในกระเพาะอาหาร ขับปัสสาวะ ช่วยในการย่อยอาหาร และสลายไขมัน นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ช่วยลดอาการแพ้ ลดอาการบวมแดง ทำให้เกิดอาการชา สมานแผล และช่วยลดไข้ (Kurokawa และคณะ, 1998) (Qin และคณะ, 2009)

ปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคเป็นปัญหาต่อสุขภาพที่สำคัญ โดยจากรายงานขององค์การอนามัยโลกพบว่า ในปี ค.ศ. 1992 มีสถิติการเสียชีวิตจากโรคติดเชื้อสูงถึงร้อยละ 35 ซึ่งส่วนใหญ่เกิดในประเทศกำลังพัฒนา (Loaharanu, 1994) การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตและแปรรูปวัตถุดิบจึง

[1] กลุ่มวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

[1] Nuclear Research and Development Division, Thailand Institute of Nuclear Technology(Public Organization) Nakorn Nayok 26120

จำเป็นต้องมีมาตรฐานกำหนดความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์สมุนไพรนั้นๆ เพื่อให้มีคุณภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภคอย่างแท้จริง โดยต้องคำนึงถึงอันตรายที่อาจมีจากการปนเปื้อนของวัตถุดิบปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งเชื้อก่อโรคและไม่ก่อโรคในอาหารเป็นหนึ่งในปัญหาสุขภาพที่สำคัญของประเทศต่างๆทั่วโลก การปนเปื้อนของสมุนไพรที่วางจำหน่ายในประเทศมีโอกาสเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ดังนั้นการนำเทคโนโลยีการฉายรังสีมาให้เพื่อกำจัดจุลินทรีย์ในสมุนไพรจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ที่ได้รับการยอมรับจากองค์การอนามัยโลก องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ และทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศว่าปลอดภัย โดยการฉายรังสีผลิตภัณฑ์อาหารทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพทางด้านต่างๆกล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยรังสีจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไอออนไนเซชั่นในอาหาร สำหรับในอาหารที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบก็จะเกิดปฏิกิริยาเรดิโอไลซิส ทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของอาหาร นอกจากนี้การประยุกต์ใช้รังสีชนิดก่อไอออนในกระบวนการผลิตอาหารโดยรังสี จะไปรบกวนสารพันธุกรรมในนิวคลีไอของเซลล์ (Diehl, 1995) ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ทำให้จุลชีพเช่น บักเตรี เชื้อรา ยีสต์พยาธิ และแมลง ตายหรือเป็นหมันได้ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณรังสี ชนิดและจำนวนของจุลชีพ (Thayer, 1990) ปริมาณรังสีที่แนะนำมี 3 ระดับ ได้แก่ระดับต่ำ (ไม่เกิน 1 กิโลเกรย์) ใช้เพื่อกำจัดแมลงและชะลอการสุกระดับกลาง (1-10 กิโลเกรย์) ใช้ลดปริมาณจุลินทรีย์ และระดับสูง (10-50 กิโลเกรย์) ใช้เพื่อทำปลอดเชื้อ (sterilization) และกำจัดไวรัส (WHO, 1999)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ซื้อตัวอย่างผงอบเชยจากผู้ผลิตมาแบ่งบรรจุในถุงฟอยด์ ถุงละ 250 กรัมและนำไปฉายรังสีแกมมาเปรียบเทียบกับลำอิเล็กตรอนที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ปริมาณรังสี 0, 5, 10, 15 และ 20 กิโลเกรย์ ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมา ที่จำหน่ายโดยบริษัท Power Plus System Ltd, UK รุ่น Type II (ANSIN 43.12) ด้วยอัตราปริมาณรังสี 6.34 kGy/hr และเครื่อง electron-beam accelerator ของบริษัท Mevex รุ่น MB 20/16 ที่ระดับพลังงาน 8 MeV ด้วยอัตราปริมาณรังสี 20 kGy/ pass

2. นำตัวอย่างอบเชยที่ฉายรังสีแกมมา และลำอิเล็กตรอนมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราทั้งหมด และเชื้อก่อโรคได้แก่ Coliform bacteria, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* ตามวิธีของ AOAC (1990)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราทั้งหมด

เมื่อทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าในตัวอย่างที่ฉายรังสีแกมมา มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างเริ่มต้นก่อนฉายรังสี 1.7×10^5 cfu/g และลดลงเป็น 7.0×10^2 cfu/g เมื่อผ่านการฉายรังสีแกมมา 5 กิโลเกรย์ (ลดลง 3 log cycle) ส่วนในตัวอย่างที่ฉายลำอิเล็กตรอนลดลงจาก 3.8×10^5 cfu/g เป็น 2.0×10^1 cfu/g (ลดลง 4 log cycle) แสดงให้เห็นว่าการฉายรังสีด้วยรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอน ที่ระดับพลังงาน 8 MeV มีผลในการรบกวนการแบ่งเซลล์ของจุลินทรีย์คล้ายคลึงกัน จึงส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณยีสต์และราทั้งหมด พบว่าในตัวอย่างที่ฉายรังสีแกมมา 5 kGy ปริมาณยีสต์และราทั้งหมดลดลงจาก 2.5×10^1 cfu/g จนถึงระดับที่ไม่สามารถตรวจได้นับได้ ในขณะที่ในตัวอย่างที่ฉายด้วยลำอิเล็กตรอนนั้นตรวจไม่พบเชื้อในทุกตัวอย่างทั้งที่ไม่ฉายและฉายรังสี ดังแสดงใน Table 1 และ 2

2. การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ก่อโรค

เมื่อทำการตรวจวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ก่อโรคได้แก่ Coliform bacteria, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* พบว่าในตัวอย่างอบเชยที่ฉายรังสีแกมมาและลำอิเล็กตรอนที่ปริมาณรังสี 0, 5, 10, 15 และ 20 กิโลเกรย์ ตรวจไม่พบเชื้อ Coliform bacteria, *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp.ในทุกตัวอย่าง แต่ตรวจพบเชื้อ *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* ในตัวอย่างอบเชยที่ไม่ฉายรังสีแกมมา 27 cfu/g และ 9.1 MPN/g ตามลำดับ ส่วนในตัวอย่างที่ไม่ฉายลำอิเล็กตรอนตรวจพบเชื้อ 20 cfu/g และ 7.3 MPN/g ตามลำดับ ซึ่งอาจเนื่องมาจากมีการปนเปื้อนมาจากดินในระหว่างกระบวนการตากแห้ง และเชื้อ *Bacillus cereus* และ *Clostridium perfringens* มีสปอร์ซึ่งจะทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดีกว่าเซลล์ปกติ แต่เมื่อผ่านการฉายรังสีแกมมา และลำอิเล็กตรอนที่ปริมาณรังสี 5 กิโลเกรย์แล้วพบว่าสามารถกำจัดเชื้อดังกล่าวได้ ดังแสดงใน Table 1 และ 2

สรุปผล

การฉายรังสีชนิดก่อไอออน ได้แก่ รังสีแกมมา และลำอิเล็กตรอนที่ระดับพลังงาน 8 MeV ส่งผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในผงอบเชยไม่แตกต่างกัน โดยการฉายรังสีที่ปริมาณ 5 กิโลเกรย์เพียงพอในการควบคุมคุณภาพทางจุลชีววิทยาให้เป็นไปตามมาตรฐานได้

คำขอบคุณ

ศูนย์ฉายรังสีอัญมณี สถาบันทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการฉายรังสี

เอกสารอ้างอิง

Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Method of Analysis 15th, Ed. Arlington, Virginia:The Association of Official Analytical Chemists

Diehl, J.F., 1995, Safety of irradiated foods. 2 nd Ed. Marcel Dekker, Inc., New York, 454 p.

Kurokawa, M., Kumeda, C.A., Yamamura, J., Kamiyama, T. and Shiraki, K., 1998, Antipyretic activity of Cinnamyl derivatives and related compounds in influenza virus-infected mice, European journal of pharmacology, 348(1):45-51.

Loaharanu P., 1994, Status and prospects of food irradiation, Food Technology, 52:124-131.

Qin, B., Dawaon, H., Polansky, M.M. and Anderson, R.A., 2009, Cinnamon extract attenuates TNF-alpha-induced intestinal lipoprotein ApoB48 overproduction by regulating inflammatory, insulin and lipoprotein pathways in enterocytes, Hormone and Metabolic Research, 41: 516-522.

Thayer, D.W., 1994, Wholesomeness of irradiated foods, Food Technology, 3:132-136.

WHO. 1999, High-dose irradiation: wholesomeness of food irradiated with dose above 10 kGy, Report of a joint FAO/IAEA/WHO Study group, WHO technical Report series 890, World Health Organization, Geneva.

Table 1 Microbiological quality of cinnamon powder that irradiated by gamma radiation

Microbiological	0 kGy	5kGy	10kGy	15kGy	20kGy
Total Bacterial Count (CFU/g)	$1.7x10^5$	$7.0x10^2$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$
Total Yeast &Mold (CFU/g)	$2.5x10^1$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$
Coliform Bacteria (MPN/g)	<3	<3	<0.3	<0.3	<0.3
E. coli (MPN/g)	<3	<3	<0.3	<0.3	<0.3
Salmonella spp.	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent
B. cereus (CFU/g)	$2.7x10^1_{Est}$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$
C. perfringens (MPN/g)	9.1	<3	<0.3	<0.3	<0.3

Table 2 Microbiological quality of cinnamon powder that irradiated by electron beam accelerator

Microbiological	0 kGy	5kGy	10kGy	15kGy	20kGy
Total Bacterial Count (CFU/g)	$3.8x10^5$	$2.0x10^1$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$
Total Yeast &Mold (CFU/g)	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$
Coliform Bacteria (MPN/g)	<3	<3	<0.3	<0.3	<0.3
E. coli (MPN/g)	<3	<3	<0.3	<0.3	<0.3
Salmonella spp.	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent
B. cereus (CFU/g)	$2.0x10^1_{Est}$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$	$<1_{Est}$
C. perfringens (MPN/g)	7.3	<3	<0.3	<0.3	<0.3

การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวหมู่บ้านนาจอก

Acceptability Tests of Ban Na Jok Green tea Products

ภัทราวดี ศรีปัญญา[1] กาญจนา สุริยนต์[1] สิรินาฏ เนติศรี[2] และ นิภาพร เมษา[2]

Sripanya, P.[1], Suriyon, K.[1], Natisri, S.[2] and Mesa, N[2]

Abstract

In acceptance tests Ban Na Jok green tea products. Five products were 1) leaves 2) mature leaves 3) flower 4) leaves+ flower and 5) mature leaves+ flower. Sensory evaluation of 9-point hedonic scale (appearance, color, smell, flavor, after taste and overall liking) with 40 trained panelists. The results indicated in terms of smell, flavor, after taste and overall liking found flower had significant highest liking score ($p<0.05$). In addition found leaves+ flower the highest liking score in terms of appearance ($p<0.05$). And in terms of color found leaves had significant highest liking score ($p<0.05$).

Keywords: green tea, sensory evaluation, Ban Na Jok

บทคัดย่อ

ในการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวหมู่บ้านนาจอกประกอบด้วย 5 สูตร ได้แก่ สูตรยอด สูตรใบ สูตรดอก สูตรยอดผสมดอก และสูตรใบผสมดอก จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scale Hedonic scale(9 คะแนน) ใช้ผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 40 คน ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวม จากผลทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าด้านกลิ่น กลิ่นรส ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบ สูตรดอกมากที่สุด ($p<0.05$) ส่วนในด้านลักษณะปรากฏ ผู้ทดสอบให้คะแนนสูตรยอดผสมดอกมากที่สุด ($p<0.05$) และด้านสีผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูตรยอดสูงสุด ($p<0.05$)

คำสำคัญ: ชาเขียว การทดสอบทางประสาทสัมผัส หมู่บ้านนาจอก

คำนำ

ชาเป็นไม้ยืนต้น เมื่อเจริญตามธรรมชาติอาจสูงถึง 10–15 เมตร แต่ในการเพาะปลูกมักตัดแต่งให้เป็นพุ่มสูงประมาณ 0.6–1.0 เมตร เพื่อสะดวกในการเก็บใบชา ชาเป็นพืชกึ่งร้อนสามารถขึ้นได้ดีในเขตอบอุ่นและมีฝน ชาปลูกได้ดีในพื้นที่สูง (200-2,000 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล) ความลาดชันไม่เกิน 45 องศา อุณหภูมิอากาศประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70-90 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำฝน 1,500-2,500 มิลลิเมตร แหล่งกำเนิดของชาพบในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ระหว่างละติจูด 29 องศาเหนือและ 98 องศาตะวันออก ใกล้กับแม่น้ำอิรวดี ทางตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย ตอนเหนือของพม่า ภาคตะวันออกเฉียงใต้ของจีน และทิเบต ต่อมาการปลูกชาได้กระจายออกไปถึงทวีปเอเชีย ระหว่างแนวเหนือถึงแนวใต้ ตั้งแต่ประเทศญี่ปุ่นถึงอินโดนีเซีย และแนวตะวันออกถึงแนวตะวันตก จากประเทศอินเดียถึงญี่ปุ่น เนื่องจากพื้นที่เหล่านี้อยู่ในเขตมรสุมมีอากาศอบอุ่น และมีปริมาณน้ำฝนมาก เหมาะกับการเจริญเติบโตของต้นชา (Chauhury, 1989; และ Islam และคณะ, 2005) น้ำชาจัดเป็นเครื่องดื่มที่นิยมของผู้บริโภคส่วนใหญ่ทั่วโลก ทุกวันนี้มีการผลิตชาในรูปแบบต่างๆ กว่า 3,000 ชนิด มีการขยายตัวของไร่ชาไปยังภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลก ทั้งนี้ก็เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มากขึ้นเรื่อยๆ จนทำให้ชาเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ (ชูขวัญ, 2548) แต่ในด้านประโยชน์ต่อสุขภาพชาที่ได้รับความนิยมมากที่สุดก็คือ ชาเขียว ชาเขียว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia Sinensis* มีมากกว่า 1,200 สายพันธุ์ ปัจจุบันชา แบ่งได้ 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ชาดำ (Black Tea) ชาอูหลง (Oolong Tea) และชาเขียว (Green Tea) ซึ่งมาจากพืชชนิดเดียวกัน แต่ผ่านกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันโดยกระบวน การผลิตชาเขียวถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่ดีที่สุด เนื่องจากผ่านความร้อนต่ำและไม่ผ่าน

[1] สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยนครพนม ตำบลนาราชควาย อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม 48000

[1] Research and Development Institute, Nakhon Phanom University, 167 Moo 8, Tambon Naratkwai, Muang District, Nakhon Phanom 48000

[2] สาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัด สกลนคร จ. สกลนคร 47000

[2] Department of Food Technology, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalerm Phrakiat Sakon Nakhon Province Campus, 59 Moo 1, Tambon Chiangkrua, Muang District, Sakon Nakhon 47000

กระบวนการหมัก ดังเช่น ในกระบวน การผลิตชาดำและชาอูหลง จึงมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายเหลืออยู่สูงกว่าชาดำและชาอูหลง เช่น วิตามินซี เป็นต้น ชาเขียวได้จากกระบวนการทำใบชาให้แห้งที่อุณหภูมิสูงอย่างรวดเร็ว ทำให้ใบชาแห้งยังคงมีสีเขียวและคุณภาพเช่น เดียวกับใบชาสด เมื่อชงน้ำร้อนได้น้ำชาสีเขียวหรือเหลืองอมเขียว ไม่มีกลิ่น และรสชาติฝาดกว่าชาจีน นิยมแต่งกลิ่นด้วยพืชหอม เช่น มะลิ บัวหลวง เป็นต้น ชาเขียวแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ชาเขียวแบบจีนและแบบญี่ปุ่น โดยชาเขียวญี่ปุ่นจะไม่คั่วด้วยกระทะร้อนอย่างชาเขียวจีน ใบชาแต่ละสายพันธุ์สามารถนำมาผลิตเป็น ชาเขียว ชาดำ และชาอูหลงได้ ทั้งนี้ชาแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในด้านกระบวนการผลิต โดยชาเขียวเมื่อเก็บเกี่ยวแล้วจะนำไปอบไอน้ำทันทีเพื่อทำลาย oxidizing enzymes เช่น polyphenol oxidase และ peroxidase เพื่อป้องกัน การเกิดกระบวนการหมัก ก่อนนำไปตากแดดให้แห้ง ทำให้ใบชายังคงสีเขียวอยู่ ส่วนชาดำและชาอูหลงนั้นหลังเก็บเกี่ยวแล้วนำใบชาไปผึ่งลมนาน 5 – 20 ชั่วโมง ทำให้เกิดกระบวนการหมักโดย oxidizing enzymes โดยชาดำจะใช้เวลาหมักนานกว่าชาอูหลง ทำให้ใบชาเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล เมื่อชงน้ำจะมีรสเข้มข้นและกลิ่นหอมฉุนกว่าชาเขียว ดังนั้นชาเขียวจึงจัดเป็น non-fermented tea ส่วนชาอูหลงและชาดำถือเป็นsemi-fermented tea และ fermented tea ตามลำดับ ในชาเขียวมีสารอาหารหลายประเภท ได้แก่ โปรตีน น้ำตาล และวิตามินอี สารประกอบสำคัญสองชนิดในชาเขียว ได้แก่ 1) คาเฟอีน (caffeine) ซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก คาเฟอีนจะทำให้รู้สึกสดชื่นและหายง่วง เนื่องจากมีฤทธิ์กระตุ้นประสาท เพิ่มการทำงานของไตและหัวใจ และเพิ่มการเผาผลาญ (Pastore และ Fratellone, 2006) โดยทั่วไปชาเขียว 1 ถ้วย หรือประมาณ 6 ออนซ์จะมีคาเฟอีนประมาณ 10-50 มิลลิกรัม และ 2) แทนนิน (tannin) พบในใบชาแห้งประมาณร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนัก เป็นสารที่มีคุณสมบัติบรรเทาอาการท้องเสียได้ จากการศึกษาพบว่า ในชาเขียวยังมีสารประกอบประเภทโพลีฟีนอลส์ (polyphenols) ซึ่งเป็นฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ชนิดหนึ่งพบมากในผักและผลไม้ มีสรรพคุณเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งบางชนิดได้ การที่ชาเขียวมีสารโพลีฟีนอลส์ในปริมาณมาก เพราะชาเขียวไม่ผ่านการหมัก ทำให้สารอาหารที่มีประโยชน์ไม่สูญเสียไประหว่างกระบวนการหมัก (อรรถสิทธิ์, 2548) หน้าที่สำคัญของสารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ในชาคือการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) และป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง (anticarcinogenic activity) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นมักมีสาเหตุจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต เช่น DNA หรือเยื่อหุ้มเซลล์และเป็นผลให้เกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจ สารต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีอยู่มากในชาเขียวสามารถจับกับอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของโรคหลายชนิด สาร flavonoids ในชาเขียวสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ และยังช่วยลดระดับความดันเลือดได้อีกด้วย สารสกัดจากชาเขียวจึงสามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากอนุมูลอิสระในร่างกายได้ หมู่บ้านนาจอกเป็นที่รู้จักทั้งของชาวไทย และชาวเวียดนามในฐานะแหล่งท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ในนาม “หมู่บ้านมิตรภาพไทย – เวียดนาม” เนื่องจากเป็นหมู่บ้านของคนเวียดนามในอดีต และเป็นหมู่บ้านมิตรภาพไทยเวียดนามในปัจจุบัน และเป็นหมู่บ้านแห่งเดียวในจังหวัดนครพนมที่มีการเพาะปลูกชา โดยมีการนำชาเข้ามาปลูกตั้งแต่ครั้งมีการอพยพเข้ามาอาศัยอยู่ในจังหวัดนครพนมของชาวเวียดนาม ซึ่งชาวบ้านนาจอกมีวัฒนธรรมการดื่มชาของชาวเวียดนามที่สืบทอดกันมายาวนาน และมีการแปรรูปชาเวียดนามเป็นผลิตภัณฑ์ชาเขียวเพื่อสุขภาพ งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวหมู่บ้านนาจอกโดยใช้วัตถุดิบจากส่วนของยอด ใบ และดอกใบชา มาพัฒนาเป็นชาสูตรต่างๆ ทั้งหมด 5 สูตร ประกอบไปด้วย สูตรยอด สูตรใบ สูตรดอก สูตรยอดผสมดอก และสูตรใบผสมดอก และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเป็นแนวทางในการผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีกาi

ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scale (9 คะแนน) ใช้ผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 40 คน ให้อัตราความชอบเป็น 9 คะแนน โดยที่ 1 คือไม่ชอบมากที่สุด 5 คือเฉยๆ และ 9 คือชอบมากที่สุด (Meilgaard และคณะ, 1999) ประเมินในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวม เสริฟตัวอย่างน้ำชาเสริฟที่อุณหภูมิ 65-70°C (Resurreccion, 1998)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาเขียวหมู่บ้านนาจอกประกอบด้วย 5 สูตร ได้แก่ สูตรยอด สูตรใบ สูตรดอก สูตรยอดผสมดอก และสูตรใบผสมดอก จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scale (9 คะแนน) ใช้ผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 40 คน ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวม จากผลทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าด้านกลิ่น กลิ่นรส ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบ สูตรดอกมากที่สุดได้คะแนนเฉลี่ย 7.15, 6.58, 6.20 และ 6.98 ตามลำดับ รองลงมาได้แก่สูตรใบ ได้คะแนนเฉลี่ย

กลิ่นเท่ากับ 6.42 กลิ่นรสคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.32 และความชอบโดยรวมคะแนนเฉลี่ยกลิ่นเท่ากับ 6.40 ($p<0.05$) ส่วนสูตรใบผสมดอกให้คะแนนเฉลี่ยด้านความรู้สึกหลังกลืนเท่ากับ 5.77 ($p<0.05$) และในด้านลักษณะปรากฏ ผู้ทดสอบให้คะแนนสูตรยอดผสมดอกมากที่สุด รองลงมาได้แก่ สูตรยอด ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.62 ($p<0.05$) และด้านสีผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูตรยอดสูงสุด รองลงมาได้แก่ สูตรยอดผสมดอก ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.52 ($p<0.05$) (Table 1)

สรุปผล

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาเขียวหมู่บ้านนาจอก พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่น กลิ่นรส ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวม สูตรดอกมากที่สุด ($p<0.05$) ส่วนในด้านลักษณะปรากฏ ผู้ทดสอบให้คะแนนสูตรยอดผสมดอกสูงสุด ($p<0.05$) และด้านสีผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูตรยอดสูงสุด ($p<0.05$)

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 4 กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ที่ให้งบประมาณสนับสนุนการวิจัยการทำวิจัยในครั้งนี้ภายใต้โครงการการส่งเสริมนวัตกรรมอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมเชิงสร้างสรรค์ กิจกรรมประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาและวัฒนธรรมปีงบประมาณ 2556 เรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวบ้านนาจอก” และสาขาเทคโนโลยีการอาหารคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ชูขวัญ ทรัพย์มณี,2548, ชาและน้ำชา: เสน่ห์และคุณค่าที่ไม่มีวันลืมเลือน. เกษตรกรรมธรรมชาติ 9(48): 20-33.

อรรถสิทธิ์ เหมือนมาตย์, 2548, Green Tea New Episode, บิสิเนสวีค, 2(8): 12.

Chaudhury, M.S.H., 1989, Progress on the pharmacological activities of tea polysaccharides. Journal of Chinese Medicinal Materials 24:65-67.

Islam, G.M.R., Iqbal, M., Quddus, K.G. and Ali, M.Y., 2005, Present status and future needs of tea industry in Bangladesh, Proc. Pakistan Acad. Sci. 42(4):305-314

Meilgaard, M., G.V. Viville and Carr, B.T., 1999, Sensory Evaluation Techniques 3rded, CRC Press, Boca Raton, Florida.

Pastore, R. L. and Fratellone, P., 2006, Potential health benefits of green tea (Camellia Sinensis): A Narrative review. Explore (N.Y.) 2(6): 531 – 539.

Resrreccion, A.V.A., 1998, Consumer Sensory Testing for Product Development, Aspen Publishers, Inc., Maryland.

Table 1 Sensory evaluation of Ban Na Jok green tea products

	Attributes					
Treatment	Appearance	Colour	Smell	Flavor	After taste	Overall acceptance
leaves	6.62±1.54[b]	6.68±1.67[b]	5.48±1.97[a]	4.27±1.92[a]	3.82±1.98[a]	5.22±1.72[a]
mature leaves	6.57±1.55[b]	6.40±1.45[ab]	6.42±1.89[bc]	5.32±2.01[b]	5.05±2.17[bc]	6.40±1.61[cd]
flower	5.75±1.78[a]	5.80±1.76[a]	7.15±1.39[c]	6.58±1.53[c]	6.20±1.64[a]	6.98±1.48[c]
leaves+ flower	6.68±1.47[b]	6.52±1.54[ab]	5.50±1.60[a]	4.90±1.88[ab]	4.82±2.06[d]	5.58±1.65[ab]
mature leaves+ flower	6.00±1.36[ab]	5.90±1.43[a]	5.90±1.62[ab]	5.30±2.14[b]	5.77±1.98[cd]	6.15±1.29[bc]

Mean in a column with a different letters are significantly different ($p < 0.05$)

Score = 1 = Dislike very much, 9 = Like very much

ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกต่อคุณภาพของมัฟฟิน

Effect of Wheat Flour Substitution with Germinated Brown Rice Flour on Qualities of Muffin

อภิญญา เจริญกูล[1]
Charoenkul, A.

Abstract

Muffin is one of the interesting bakery product which is more widely consume. Germinated brown rice is also one of the interesting product since containing GABA. The objective of this research was to study the effect of germinated brown rice flour as wheat flour substitution for 0 (control), 25, 50, 75 and 100% by flour weight on qualities of muffin. The substitution of wheat flour produced germinated brown rice muffin with darker color which was lower L* (lightness), higher a* (red) and b* (yellow) ($p<0.05$). Germinated brown rice muffin was harder and more dense showing higher weight loss upon baking and also higher density and firmness ($p<0.05$) but lower water activity (Aw) and specific volume. Sensory score in appearance, taste, flavor, texture and overall acceptability decreased as the level of germinated brown rice flour increased. Nevertheless, the 50% by flour weight substituted germinated brown rice muffin is not significant different in sensory score in all attribute from control.

Keywords: germinated brown rice flour, muffin

บทคัดย่อ

มัฟฟินเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน และข้าวกล้องงอกก็เป็นวัตถุดิบที่ได้รับความสนใจเนื่องจากมีสารกาบา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพของมัฟฟิน ทำการทดลองโดยทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วน 0 (สูตรควบคุม), 25, 50, 75 และ 100% โดยน้ำหนักแป้ง จากการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณการทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้น ทำให้มัฟฟินมีสีคล้ำลง มีค่า L* ลดลง ค่า a* และค่า b* เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) มัฟฟินมีลักษณะเนื้อแน่น และแข็งร่วน โดยมีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ ความหนาแน่น และค่าแรงตัดขาดเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) แต่ค่า Aw และปริมาตรจำเพาะลดลง ส่วนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า เมื่อปริมาณการทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมลดลง แต่อย่างไรก็ตามมัฟฟินที่มีการทดแทนแป้งสาลี 50% โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p>0.05$)

คำสำคัญ: แป้งข้าวกล้องงอก มัฟฟิน

คำนำ

มัฟฟินหรืออเมริกันมัฟฟินเป็นผลิตภัณฑ์ ที่มีวิธีการทำที่ง่ายและสะดวกในการบริโภค มีลักษณะคล้ายกับคัพเค้กอาจผสมผลไม้หรือช็อกโกแลต ปัจจุบันพฤติกรรมการบริโภคของคนไทยเน้นการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ โดยใส่ใจเลือกอาหารที่รับประทานมากยิ่งขึ้น ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง นอกจากนั้นยังเป็นการใช้ทดแทนแป้งสาลีซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศอีกด้วย ข้าวกล้องงอก คือการนำข้าวเปลือกหรือข้าวกล้องมาเพาะให้งอก ก่อนนำไปให้ความร้อนเพื่อหยุดการงอก และทำให้แห้งเพื่อลดความชื้น ข้าวกล้องงอกมีคุณค่าทางอาหารสูง ทั้งในส่วนของรำข้าว ได้แก่ วิตามินบี 1, บี 3, บี 6, บี 12 โฟเลต วิตามินอี เหล็ก แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมงกานีส และแกมมาออริซานอล (Gamma oryzanol) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพมากกว่าวิตามินอีถึง 6 เท่า และทำหน้าที่เพิ่มระดับไขมันชนิดดี (HDL) ให้แก่ร่างกาย ช่วยลดการอุดตันของหลอดเลือด และอัตราการเสี่ยงต่อการเป็นโรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเส้นใยอาหารชนิดไม่ละลายในน้ำ ซึ่งจะช่วยป้องกันท้องผูก มะเร็งลำไส้ และควบคุมระดับคอเลสเทอรอล และที่สำคัญในข้าวกล้องงอกคือมีปริมาณสารกาบา (GABA) หรือ Gamma amino butyric acid สูงกว่าข้าว

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร 10400
[1] Department of Food Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok Thailand 10400

กล้องธรรมดาถึง 15 เท่า สารกาบา ทำหน้าที่สารสื่อประสาทในระบบประสาทส่วนกลาง และทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมอง ช่วยให้รู้สึกผ่อนคลาย ช่วยป้องกันโรคความจำเสื่อมหรือโรคอัลไซเมอร์ และโรคพาร์กินสัน อีกทั้งยังทำหน้าที่กระตุ้นต่อมใต้สมอง (Anterior Pituitary) ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ควบคุมการเจริญเติบโต (Growth hormone) ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกต่อคุณภาพของมัฟฟิน

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมมัฟฟินโดยผสมส่วนผสมแห้ง ได้แก่ แป้งสาลีอเนกประสงค์และ/หรือแป้งข้าวกล้องงอก (ข้าวกล้องงอกชนิดบดละเอียด ตรา นู้ริช) 100 กรัม (อัตราส่วนการทดแทน 0 (สูตรควบคุม), 25, 50, 75 และ 100% โดยน้ำหนักแป้ง) น้ำตาลทราย 40 กรัม เกลือ 0.6 กรัม และผงฟู 2 กรัม เข้าด้วยกัน และร่อนรวมกัน 2 ครั้ง แล้วพักไว้ ผสมส่วนผสมของเหลว ได้แก่ น้ำมันรำข้าว 30 กรัม นมสด 30 กรัม ไข่ไก่ 30 กรัม และวานิลลา 2 กรัม เข้าด้วยกัน ก่อนใส่ลงในส่วนผสมแห้งที่พักไว้ ใช้พายตะล่อมเบาๆให้ส่วนผสมเข้ากัน ตักส่วนผสมที่ได้ใส่พิมพ์ที่รองด้วยถ้วยกระดาษ พิมพ์ละ 50 กรัม อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 22 นาที วิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่าสี โดยใช้เครื่อง Hunter Lab Digital Colorimeter รุ่น Color Flex ค่า Water Activity (Aw) โดยใช้เครื่อง Aqua Lab รุ่น CX-2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะ และค่าแรงตัดขาดของมัฟฟิน โดยใช้เครื่อง Lloyd Texture Analyzer รุ่น LRX และการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point Hedonic scale test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ค่าสีของมัฟฟินที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอก (Table 1) มีค่า L* ลดลงส่วนค่า a* และ b* เพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งข้าวกล้องงอกมีสีเข้มกว่าแป้งสาลี เมื่อทดแทนในปริมาณเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ค่า a* และ b* เพิ่มขึ้น เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกในปริมาณที่มากขึ้นพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ (Table 2) เพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งข้าวกล้องมีลักษณะโครงสร้างที่พรุนไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้ (Chung และคณะ, 2012) ซึ่งแม้ว่าค่าการดูดซับน้ำ (Watanabe และคณะ, 2004) และค่ากำลังการพองตัว (Xu และคณะ, 2012) ของแป้งข้าวกล้องงอก จะสูงกว่าแป้งข้าวกล้อง แต่ก็ยังต่ำกว่าแป้งสาลี เมื่อนำไปอบที่อุณหภูมิสูงจึงทำให้น้ำระเหยออกไปได้มากขึ้น และยังส่งผลให้ค่า Aw ลดลงอีกด้วย มัฟฟินที่ทดแทนแป้งสาลีมีค่าแรงตัดขาดเพิ่มขึ้น และมีลักษณะแน่นกว่ามัฟฟินสูตรควบคุม (Rajiv และคณะ, 2011) ทั้งนี้การใช้แป้งข้าวกล้องงอกซึ่งมีปริมาณอะมิโลสต่ำกว่าแป้งข้าวกล้อง และแป้งข้าวเจ้า จะช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งน้อยลง (Chueamchaitrakun และคณะ, 2011; Chung และคณะ, 2012; Musa และคณะ, 2011) ส่วนค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและปริมาตรลดลง เนื่องจากแป้งข้าวกล้องงอกมีโปรตีนต่ำกว่าแป้งสาลี (Chung และคณะ, 2012) และมีใยอาหารสูง (Nasar-Abbas และ Jayasena, 2012) จึงทำให้การกักเก็บอากาศได้น้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามการที่แบตเตอร์มีความหนืดสูงจะช่วยเพิ่มการกักเก็บอากาศในระหว่างการอบได้ (Rajiv และคณะ, 2011)

คะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Table 3) ในทุกด้านลดลง เนื่องจาก มัฟฟินที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกมีสีเข้ม มีลักษณะเนื้อแน่น ไม่ขึ้นฟู เนื้อสัมผัสหยาบและค่อนข้างร่วน มีกลิ่นรสของแป้งข้าวกล้องงอกชัดเจน (Ramcharitar และคณะ, 2005) ทั้งนี้เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มัฟฟินมีปริมาตรและความสูงลดลง รวมทั้งขนาดของเซลล์อากาศก็มีขนาดลดลง เนื่องจากมัฟฟินมีความหนาแน่นมากขึ้น (Rajiv และคณะ, 2011) แต่มัฟฟินยังคงมีความสมมาตรกัน ซึ่งเห็นได้ชัดในมัฟฟินที่มีการทดแทน 75 และ 100% โดยน้ำหนักแป้ง ลักษณะของมัฟฟินที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกมีลักษณะเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งมีการยอมรับที่ต่ำในผู้บริโภคในช่วงอายุ 18-25 ปี (Ramcharitar และคณะ, 2005) แต่อย่างไรก็ตาม มัฟฟินที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอก 50% ได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถใช้แป้งข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งสาลีในมัฟฟินได้ 50% โดยน้ำหนักแป้ง

Table1 Crumb color of muffin

Amount of substitution (%)	L*	a*	b*
0	70.76^{a}	4.55^{c}	28.38^{c}
25	69.58^{b}	4.80^{c}	29.57^{b}
50	68.92^{c}	5.22^{b}	29.59^{b}
75	66.66^{d}	5.77^{a}	29.87^{ab}
100	65.52^{e}	5.90^{a}	30.48^{a}

a-e Means in the same column followed by different superscripts were significantly different (p<0.05)

Table 2 Percentage moisture loss upon baking, water activity (Aw), density, specific volume and firmness of muffin

Amount of substitution (%)	Weight loss upon baking (%)	Water activity (Aw)	Density (g/ml)	Specific volume (ml/g)	Firmness (N)
0	0.87^{e}	0.91^{a}	0.53^{e}	1.90^{a}	1.64^{e}
25	2.15^{d}	0.90^{b}	0.54^{d}	1.85^{b}	4.26^{d}
50	2.29^{c}	0.89^{c}	0.55^{c}	1.81^{c}	6.87^{c}
75	2.96^{b}	0.88^{d}	0.59^{b}	1.69^{d}	9.49^{b}
100	4.13^{a}	0.86^{e}	0.62^{a}	1.60^{e}	12.10^{a}

a-e Means in the same column followed by different superscripts were significantly different (p<0.05)

Table 3 Sensory analysis of muffin

Amount of substitution (%)	Appearance	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptability
0	6.67^{a}	5.67^{a}	6.08^{a}	5.87^{a}	6.54^{a}
25	6.54^{a}	4.83^{ab}	5.87^{a}	5.33^{ab}	5.58^{ab}
50	5.87^{ab}	4.71^{ab}	5.54^{ab}	5.29^{ab}	5.54^{ab}
75	5.46^{b}	4.36^{b}	5.25^{bc}	4.58^{bc}	5.17^{bc}
100	4.21^{c}	4.17^{b}	4.42^{c}	3.58^{c}	4.21^{c}

a-e Means in the same column followed by different superscripts were significantly different (p<0.05)

สรุปผล

เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องงอกในปริมาณที่มากขึ้นทำให้มัฟฟินมีสีเข้มขึ้น มีลักษณะแน่นขึ้น ไม่ขึ้นฟู และค่อนข้างแห้ง แต่อย่างไรก็ตามมัฟฟินที่มีการทดแทนแป้งสาลี 50% โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p>0.05$) ดังนั้นจึงสามารถใช้แป้งข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งสาลีในมัฟฟินได้ 50% โดยน้ำหนักแป้ง

เอกสารอ้างอิง

Chueamchaitrakun, P., Chompreeda, P., Haruthaithanasan, V., Suwonsichon, T., Kasemsamran, S. and Prinyawiwatkul, W., 2011, Sensory descriptive and texture profile analyses of butter cakes made from composite rice flours, International Journal of Food Science and Technology, 46:2358–2365.

Chung, H., Cho, A. and Lim, S, 2012, Effect of heat-moisture treatment for utilization of germinated brown rice in wheat noodle, LWT - Food Science and Technology, 47:342-347.

Musa, A.S.N., Umar, I.M., and Ismail, M., 2011, Physicochemical properties of germinated brown rice (*Oryza sativa* L.) starch, African Journal of Biotechnology, 10(33):6281-6291.

Nasar-Abbas, S.M. and Jayasena, V., 2012, Effect of lupin flour incorporation on the physical and sensory properties of muffins, Quality Assurance and Safety of Crops and Foods, 4:41–49.

Rajiv, J., Soumya, C., Indrani, D. and Venkateswar, G., 2011, Effect of replacement of wheat flour with finger millet flour (*Eleusine corcana*) on the batter microscopy, rheology and quality characteristics of muffins, Journal of Texture Studies, 42:478–489.

Ramcharitar, A., Badrie, N., Mattfeldt-Beman, M., Matsuo, H. and Ridley, C., 2005, Consumer acceptability of muffins with flaxseed (*Linum usitatissimum*), Journal of Food Science, 70(7):S504-S507.

Watanabe, M., Maeda, T., Tsukahara, K., Kayahara, H. and Morita, N., 2004, Application of pregerminated brown rice for breadmaking, Cereal Chemistry, 81(4):450–455.

Xu, J., Zhang, H., Guoa, X. and Qiana, H., 2012, The impact of germination on the characteristics of brown rice flour and starch, Journal of the Science of Food and Agriculture, 92:380–387.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือย

Development of Healthy Snack Product from Job's Tears Flour

สุกัญญา อ้อนประเสริฐ[1] ณัฐกานต์ รัตนวารินทร์ชัย[1] วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] และ สิริมา ชินสาร[1]
Aonprasert, S.[1], Ratanawarinchai, N.[1], Yuenyongputtakal, W.[1], and Chinnasarn, S.[1]

Abstract

This research was to develop the healthy snack product from job's tears flour. Main ingredients of the optimum formulation of healthy snack from job's tears flour contained 70% job's tears flour, 21% wheat flour and 9% surimi. Other ingredients composed of maltodextrin, lecithin, shortening, salt and water at amount of 15, 1, 13, 2 and 33.3 % (main ingredients basis), respectively. The product was formed into a strip having 0.5 cm. thickness and 6 cm. length and was fried at 170°C for 150 seconds. The obtained product quality was improved by varying the amount of salt at 1, 1.5, 2, 2.5, and 3 % (main ingredients basis). The product added with 2 % salt (main ingredients basis) had the highest overall acceptability score. Then, the chemical composition of the healthy snack product was analyzed. This healthy snack had the high nutritive value. There were 114.73 mg/kg calcium, 10.18% protein and 61.23% carbohydrate.

Keywords: job's tear flour, healthy snack, product development, deep-fat frying

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือย สูตรขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือยที่เหมาะสม มีส่วนประกอบหลัก คือ แป้งลูกเดือย 70 เปอร์เซ็นต์ แป้งสาลี 21 เปอร์เซ็นต์ และซูริมิ 9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ มอลโตเด็กซ์ตริน เลซิติน เนยขาว เกลือ และน้ำ เท่ากับ 15 1 13.2 และ 33.3 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมหลัก ตามลำดับ ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เป็นแท่งขนาดความหนา 0.5 เซนติเมตร ยาว 6 เซนติเมตร ทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 วินาที ทำการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยการแปรปริมาณเกลือในสูตรเป็น 1 1.5 2 2.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมหลัก ผลิตภัณฑ์ที่เติมเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมหลักได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีปริมาณแคลเซียม 114.73 mg/kg โปรตีน 10.18 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 61.23 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: แป้งลูกเดือย ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การทอดแบบน้ำมันท่วม

คำนำ

เด็กและเยาวชนมักนิยมรับประทานขนมขบเคี้ยวซึ่งส่วนใหญ่อาหารเหล่านี้มักมีคุณค่าทางโภชนาการไม่ครบถ้วน ประกอบด้วย ไขมัน แป้ง และน้ำตาลปริมาณมาก จัดเป็นรูปแบบอาหารที่มีพลังงานสูง เมื่อรับประทานเป็นประจำจะทำให้มีน้ำหนักร่างกายเกิน และมีโอกาสเป็นโรคอ้วน การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางอาหารจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตขนมขบเคี้ยวเพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้บริโภคมากที่สุด ข้าวเกรียบปลาจัดเป็นขนมขบเคี้ยวชนิดหนึ่งที่ผู้บริโภคนิยมรับประทาน การใช้แป้งลูกเดือยเป็นส่วนผสมในการผลิตจะเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลา ซึ่งคุณค่าทางอาหารของลูกเดือยในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม ประกอบด้วย โปรตีน 14.8 กรัม แคลเซียม 19 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 3.34 มิลลิกรัม และวิตามินบี 2 0.09 มิลลิกรัม (กองโภชนาการ, 2527) การผลิตขนมขบเคี้ยวประเภทข้าวเกรียบโดยการทอดแบบน้ำมันท่วมทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเฉพาะตัว คือ มีสี รสชาติ และความกรอบ ทำให้น่ารับประทานมากขึ้น กล่าวคือ มีลักษณะทางประสาทสัมผัสเป็นไปตามที่ผู้บริโภคต้องการ แต่ทั้งนี้สูตรของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม หรือ สัดส่วนของส่วนผสม จัดเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นหากเราทราบสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต นอกจากจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เป็นที่ยอมรับและตรงกับความต้องการของผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำแป้งลูกเดือยที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

---

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Tambon Saensook, Muang, Chonburi, 20131.

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมแป้งลูกเดือยโดยแช่ลูกเดือยในอัตราส่วนลูกเดือยต่อน้ำเป็น 1:4 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วล้างน้ำอีก 1 ครั้ง นำลูกเดือยใส่หม้อๆ ละ 1 กิโลกรัม เติมน้ำ 4 ลิตร ต้มเป็นเวลา 50 นาที เติมน้ำอีก 1 ลิตร ต้มต่ออีก 10 นาที นำลูกเดือยขึ้นให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นอบด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 40 นาที นำไปบดด้วยเครื่องบด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช บรรจุแป้งที่ได้ในถุงพลาสติกและปิดผนึก

หาสูตรพื้นฐานของขนมขบเคี้ยว โดยดัดแปลงมาจากสูตรข้าวเกรียบปลาทั้งหมด 2 สูตร โดยมีสัดส่วนของส่วนผสมหลัก คือ แป้งลูกเดือย 70-83 เปอร์เซ็นต์, แป้งสาลี 17-21 เปอร์เซ็นต์ และซูริมิ 0.5-9 เปอร์เซ็นต์ วางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) ได้สูตรผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลา 5 สูตร และกำหนดส่วนผสมอื่นให้มีปริมาณคงที่ โดยมีมอลโตเด็กซ์ทริน 15 เปอร์เซ็นต์ เลซิทิน 1 เปอร์เซ็นต์ เนยขาว 13 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักส่วนผสมหลัก และเติมน้ำให้มีความชื้นของโดที่เกิดขึ้นเป็น 28 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีการผลิตขนมขบเคี้ยว คือ นำเนยขาวและเกลือ ตีผสมให้เข้ากันก่อน แล้วเติมส่วนผสมมอลโตเดกซ์ทริน เลซิทิน ซูริมิ แป้งลูกเดือย แป้งสาลี และน้ำลงไป โดยค่อยๆ ใส่แป้งและน้ำสลับกัน ผสมให้เข้ากันในเครื่องนวดผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันจนเกิดโด นำโดที่ได้มารีดเป็นแผ่นหนา 0.5 เซนติเมตร ตัดให้เป็นชิ้นมีความกว้าง 0.5 เซนติเมตร และความยาว 6 เซนติเมตร นำขนมขบเคี้ยวไปทอดแบบน้ำมันท่วมในน้ำมันปาล์ม ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 วินาที นำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพทั้ง 5 สูตร มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ranking Test โดยเรียงลำดับตัวอย่างตามความชอบมากที่สุด (ลำดับที่ 1) ไปหาชอบน้อยที่สุด (ลำดับที่ 5) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 40 คน วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Friedman Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เลือกสูตรขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือย 1 สูตรจาก 5 สูตร ที่ได้ความชอบมากที่สุด (คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่ำที่สุด) และใช้ปริมาณแป้งลูกเดือยมากที่สุดเป็นสูตรมาตรฐานผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งลูกเดือย

พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือย โดยการนำสูตรขนมขบเคี้ยวมาเปรียบเทียบเค้าโครงลักษณะที่ผู้บริโภคชอบหรือต้องการ ประเมินผลทางด้านต่างๆ ดังนี้ ความกรอบ ความเค็ม ความมัน และความรู้สึกเป็นแป้ง ด้วยวิธี Ratio Profile Test โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 25 คน จากนั้นปรับปรุงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนของค่าความเข้มของคุณลักษณะตัวอย่าง (S) ต่อค่าความเข้มในอุดมคติ (I) หากค่า S/I ของคุณลักษณะใดๆ ไม่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (ไม่อยู่ในช่วง 0.8-1.2) ต้องมีการปรับปรุง ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด คุณลักษณะที่ทดสอบ คือ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

นำขนมขบเคี้ยวสูตรที่เลือกได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ ปริมาณความชื้น ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม วิตามินบี 1 และวิตามินบี 2 (AOAC, 2005)

ผลการทดลอง

จากการศึกษาหาสูตรมาตรฐานขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือย โดยใช้ Mixture Design และการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยใช้ Ranking test (Table 1) ร่วมกับการพิจารณาปริมาณแป้งลูกเดือยสามารถเลือกสูตรผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปพัฒนาต่อได้ คือ สูตรที่ 1 และเมื่อทำการเปรียบเทียบเค้าโครงลักษณะที่ผู้บริโภคชอบหรือต้องการแล้ว (Table 2) พบว่า เค้าโครงลักษณะด้านความเค็มไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้จึงต้องเพิ่มคุณลักษณะด้านความเค็ม ดังนั้นจึงศึกษาปริมาณเกลือที่เหมาะสมโดยแปรปริมาณเกลือในสูตรเป็น 1 1.5 2 2.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมหลัก ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale แสดงดังใน Table 3 ซึ่งสามารถเลือกปริมาณเกลือที่เหมาะสมได้ คือ 2 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมหลัก

Table 1 Five formulae obtained from mixture design and ranking score

Formulation	Percentage			Ranking score
	Job's tear flour	Wheat flour	Surimi	
1	70	21	9	90[bc]
2	57.7	33.3	9	107[abc]
3	33.3	33.3	33.3	131[a]
4	45.7	21	33.3	145[a]
5	51.7	27.2	21.1	127[ab]

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p<0.05$)

Table 2 The intensity rating of crispness, saltiness, creaminess and powderiness attributes of the formulation 1 using ratio profile Test (RPT)

Attributes	S (Sample)	I (Ideal)	Ratio of S/I
Crispness	6.65±1.33	6.66±0.96	1.01±0.21
Saltiness	2.58±1.72	4.19±0.91	0.61±0.38
Creaminess	4.72±1.69	4.53±1.63	1.11±0.43
powderiness	4.05±1.54	3.65±1.20	1.15±0.40

S = the intensity rating of restructured taro strip product from the 10 cm line scale

I = the intensity rating of the ideal product

Table 3 Effect of salt on sensory score of healthy snack (9-point hedonic scale)

Salt (wt.%)	Appearance[ns]	Color[ns]	Odor[ns]	Taste	Texture	Overall liking
1	6.73±0.64	6.83±0.79	6.23±0.73	6.17±0.75[c]	6.47±1.10[ab]	6.20±0.66[b]
1.5	6.83±0.79	7.03±0.72	6.47±0.57	6.17±0.79[c]	6.03±0.96[b]	6.10±0.80[b]
2	6.70±1.15	6.77±0.82	6.47±0.68	7.37±0.65[a]	7.03±0.66[a]	7.02±0.41[a]
2.5	7.03±0.67	6.70±0.65	6.20±0.76	6.80±1.06[b]	6.77±1.25[a]	6.30±0.84[b]
3	6.67±0.90	6.87±0.82	6.27±0.69	6.47±1.04[bc]	6.90±1.32[a]	5.97±0.99[c]

[a,b,c] Difference letters in the same column indicated significant difference ($p < 0.05$)

[ns] Non significant difference ($p \geq 0.05$)

จากนั้นนำขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพสูตรที่คัดเลือกได้ คือ ปริมาณเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี แสดงผลดัง Table 4

Table 4 Chemical composition of healthy snack

Composition	Quantity
Moisture (%)	3.06±0.01
Fat (%)	24.19±0.71
Ash (%)	1.29±0.00
Crude fiber (%)	0.39±0.00
Protein (%)	10.18±0.07
Carbohydrate (%)	61.28±1.42
Calcium (mg/kg)	114.73±2.84
Vitamin B 1 (mg/100 g)	0.07±0.00
Vitamin B 2 (mg/100 g)	0.03±0.00

วิจารณ์ผล

Table 1 แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือยสูตรที่ 1 ได้ค่าผลรวมของลำดับต่ำที่สุด และไม่มีความแตกต่างกับค่าผลรวมของลำดับของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งลูกเดือยสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงว่า ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือยทั้ง 2 สูตรมากที่สุด ในการเลือกสูตรผลิตภัณฑ์จึงใช้ปริมาณแป้งลูกเดือยเป็นเกณฑ์ช่วยเลือกสูตรผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งลูกเดือย ดังนั้น จึงเลือกผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งลูกเดือยสูตรที่ 1 ซึ่งมีปริมาณแป้งลูกเดือยมากที่สุดไปพัฒนาสูตรในขั้นต่อไป

จากผลการประเมินคุณลักษณะต่างๆ โดยวิธี Ratio Profile Test (RPT) (Table 2) เพื่อศึกษาแนวทางการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือย พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือยสูตรที่ 1 มีความเข้มของคุณลักษณะด้านความรู้สึกเป็นแป้ง ความมัน และความกรอบ เท่ากับ 1.15 1.11 และ 1.01 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติที่ผู้บริโภคต้องการ (1.00) นั่นหมายถึง ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งลูกเดือยมีเค้าโครงลักษณะด้านความรู้สึกเป็นแป้ง ความมัน และความกรอบ อยู่ในช่วงการยอมรับ คือ 0.8-1.2 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ จึงไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะด้านความรู้สึกเป็นแป้ง ความมัน และความกรอบให้กับผลิตภัณฑ์ แต่ความเข้มของคุณลักษณะด้านความเค็มมีค่าเท่ากับ 0.61 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าในอุดมคติที่ผู้บริโภคต้องการ (1.00) และมีค่าอยู่นอกช่วง 0.8 - 1.2 ถือว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือยมีเค้าโครงลักษณะด้านความเค็มไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้จึงต้องเพิ่มคุณลักษณะด้านความเค็ม ดังนั้น แนวทางในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือย คือ เพิ่มความเค็มของผลิตภัณฑ์ โดยการเพิ่มปริมาณเกลือในสูตร โดยแปรปริมาณเกลือในสูตรเป็น 1 1.5 2 2.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมหลัก

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งลูกเดือย (Table 3) พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือยที่เติมเกลือปริมาณต่างๆ ได้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยที่คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และสี อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง คะแนนความชอบด้านกลิ่นอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ส่วนคะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ความชอบด้านรสชาติของขนมขบเคี้ยวจากแป้งลูกเดือยที่เติมเกลือ 1 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมหลัก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากความเค็มเพิ่มมากขึ้น แล้วความชอบลดลงเมื่อเติมเพิ่มขึ้นเป็น 2.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณเกลือที่มากเกินไป เมื่อพิจารณาคะแนนด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือย พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เติมเกลือปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมหลัก ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดในระดับชอบปานกลาง จึงเลือกปริมาณเกลือนี้ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ซึ่งจาก Table 4 จะเห็นได้ว่าขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือยเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะในส่วนของแคลเซียมซึ่งมีปริมาณสูงถึง 114.73 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

สรุปผล

แป้งลูกเดือยเป็นแป้งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เมื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการได้ โดยสูตรผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือยที่เหมาะสมมีส่วนประกอบหลัก ดังนี้ แป้งลูกเดือย แป้งสาลี และซูริมิ เท่ากับ 70 21 และ 9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ มอลโตเด็กซ์ตริน เลซิติน เนยขาว เกลือ และน้ำ เท่ากับ 15 1 13 2 และ 33.3 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมหลัก ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากแป้งลูกเดือยที่ได้จากการพัฒนาได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแคลเซียมสูง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2527, ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทย, กรุงเทพฯ : กองโภชนาการ.

AOAC., 2005, Official Methods of Analysis of AOAC International (18th ed.), Gaithersburg, Md.: AOAC International.

ผลของกากใยส้มต่อคุณภาพและการรอดชีวิตของ *Lactobacillus plantarum* ในโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง

Effect of Citrus Fibers on Quality and Survival of *Lactobacillus plantarum* in Soy Yoghurt

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์[1]

Tanganurat, P.[1]

Abstract

The objective of this study was to determine the effects of citrus dietary fiber at 0, 1, 2, and 3% (w/v) in soy yoghurt containing *Lactobacillus plantarum* C7, isolated from soy milk curd, on the quality and survival of starter during refrigerated storage. Physicochemical and microbiological properties were evaluated and analyzed. The result showed that the soy yoghurt supplemented with 1% (w/v) of fiber resulted in the best appearance changes, smooth and soft curd. However, the pH of soy yoghurt fortified with citrus fiber 3% (w/v) decreased rapidly. Microbiological analysis showed a significantly higher survival of *L. plantarum* C7 (7.70-8.66 logCFU/ml) than soy yoghurt without added citrus fiber ($p<0.05$). Soy yoghurt fortified with citrus fiber stored at 4 $^{\circ}$C for 7 days showed that the yoghurt syneresis were increased while pH decreased and the amount of lactic acid increased and also showed the highest survival of *L. plantarum* as 8.03-8.59 logCFU/ml. Thus, it can be concluded that the addition of citrus fiber in soy yogurt could improve survival of *L. plantarum* which were higher than the minimum dose able to assure therapeutic effects.

Keywords: soy yoghurt, citrus fiber, *Lactobacillus plantarum*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการเสริมกากใยส้มในปริมาณ 0, 1, 2 และ 3% (w/v) ในโยเกิร์ตนม ถั่วเหลืองที่มี *Lactobacillus plantarum* C7 เป็นกล้าเชื้อ โดยทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาในตู้เย็น จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ พบว่าโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่เสริมกากใยส้ม 1% (w/v) ให้เคิร์ดอ่อน ผิวหน้ามีลักษณะ เรียบเนียน ส่วนการวิเคราะห์ คุณสมบัติทางเคมี พบว่าโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเสริมกากใยส้ม 3% (w/v) มีค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็ว ปริมาณกรดแลกติกสูงที่สุด และใช้เวลาในการบ่มน้อยที่สุด คุณภาพทางจุลินทรีย์สำหรับการรอดชีวิตของ *L. plantarum* C7 พบว่ามีจำนวนมากกว่าโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่ไม่เติมกากใยส้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยแบคทีเรียแลคติกมีชีวิตรอดอยู่ในช่วง 7.70-8.66 logCFU/ml สำหรับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโยเกิร์ตนม ถั่วเหลืองเสริมกากใยส้มเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าโยเกิร์ตมีค่า syneresis เพิ่มขึ้น ค่าความ เป็นกรด-ด่างลดลง และมีปริมาณกรดแลกติกที่เพิ่มขึ้น และเห็นได้ชัดว่าแบคทีเรียแลกติกสามารถรอดชีวิตได้อยู่ระหว่าง 8.03-8.59 logCFU/ml ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าระดับต่ำสุดที่ยอมรับว่ามีประโยชน์ต่อร่างกายผู้บริโภค

คำสำคัญ: โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง กากใยส้ม เชื้อแลคโตบาซิลลัสแพลนทารัม

คำนำ

โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับคนรักสุขภาพ รวมทั้งคนที่มีอาการแพ้นมวัว โดยผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองหมักที่ผลิตด้วยเชื้อแบคทีเรียแลคติคจะเปลี่ยนน้ำตาลในนมถั่วเหลืองเป็นกรดแลคติค และได้รับการยอมรับ ว่าเป็นจุลินทรีย์ที่ปลอดภัย (Generally Recognized As Safe; GRAS) เพื่อยืดอายุของอาหาร เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ปรับปรุงกลิ่นรส และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้แบคทีเรียกรดแลคติคยังมีคุณสมบัติในการใช้คาร์โบไฮเดรตที่ซับซ้อน หรือกลุ่มพรีไบโอติก (prebiotic) เช่น ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้โดยมนุษย์และจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ โดยจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในลำไส้ และยังช่วยให้จุลินทรย์โปรไบโอติคสามารถมีชีวิตรอดได้ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต Oliveira และคณะ (2012)

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Department of Agro-Industrial technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

กากส้มเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร ซึ่งมีปริมาณมากและมูลค่าต่ำ ส่วนใหญ่ถูกนำไปทำปุ๋ยหรืออาหารสัตว์ และสกัดเพคติน โดยกากใยส้มเป็นแหล่งของใยอาหารซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน หรือพรีไบโอติคซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติค Sendra และคณะ (2008) และยังเป็นองค์ประกอบของอาหารเพื่อสุขภาพ หรือที่เรียกว่า functional foods (มลศิริ, 2545) ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของการเสริมกากใยส้ม ในโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองต่อคุณภาพและการเจริญของแบคทีเรียกรดแลคติคซึ่งใช้เป็นกล้าเชื้อ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมกากใยส้มนำกากส้มที่ได้จากการคั้นเอาน้ำออกแล้วและล้างน้ำทำความสะอาด ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที สลับกับการแช่น้ำเย็น (2-3 ครั้ง) พักให้สะเด็ดน้ำ นำไปอบที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส นาน 10-16 ชั่วโมง พักไว้จนเย็น นำไปบดให้ละเอียดแล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาด 212 µm ได้ผงกากส้ม (Sendra และคณะ, 2008)

การเตรียมกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติก ทำการเขี่ยเชื้อ *L. plantarum* C7 แยกได้จากนมถั่วเหลือง (ธณิกานต์, 2547) เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง MRS บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำการเขี่ยโคโลนี เดี่ยวใส่ในหลอดที่มีอาหารเหลว MRS ปริมาณ 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นทำ การปั่นเหวี่ยงเซลล์ด้วยความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เทสารละลายส่วนใสทิ้ง ทำการล้างเซลล์ด้วย น้ำกลั่นฆ่าเชื้อจำนวน 2 ครั้ง แล้วเติมนมถั่วเหลืองลงไป 5 มิลลิลิตร และถ่ายเชื้อ 5% (v/v) ลงในน้ำนมถั่วเหลืองแล้วบ่มที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้เป็นกล้าเชื้อโยเกิร์ตต่อไป

การศึกษาการเสริมกากใยส้มในโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง (ดัดแปลงจากวิธีการของจิราพัชร, 2548) ส่วนผสมโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง มีดังนี้ น้ำนมถั่วเหลืองยูเอชที 98% (v/v) โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 2% (w/v) และน้ำตาล 5% (w/v) นำส่วนผสมทั้งหมดมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทิ้งให้เย็นจนอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมกากใยส้มที่เตรียมไว้ในปริมาณ 0 1 2 และ 3% (w/v) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 สิ่งทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นทำการถ่ายกล้าเชื้อ
L. plantarum C7 ที่เตรียมไว้จำนวน 5% (v/v) ผสมให้เข้ากัน ใส่ภาชนะปิดฝาให้สนิท และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และปริมาณกล้าเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์คุณภาพของกากส้มเริ่มต้นก่อนเสริมในโยเกิร์ต พบว่าผงส้มมีความชื้น 7.56% และความสามารถในการอุ้มน้ำที่ได้ คือ 11.30% ซึ่งปัจจัยคุณภาพนี้มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตที่เสริมกากใยส้ม จากนั้นนำมาเสริมลงในโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง และทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่าทั้ง 4 สิ่งทดลองสามารถเกิดเคิร์ดโยเกิร์ตได้ โดยมีลักษณะปรากฏของโยเกิร์ตแตกต่างกันตามปริมาณผงกากส้มที่ใช้ จากการทดลองพบว่าโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่ไม่มีการเสริมกากใยส้มนั้นลักษณะเคิร์ดจะเหลว เนื้อโยเกิร์ตมีลักษณะเรียบเนียนมีสีขาวและมีกลิ่นของถั่วเหลืองหลังการหมัก ลักษณะเคิร์ดจะแข็งแรงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเสริมกากใยส้มในปริมาณสูงขึ้น โดยโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเสริมกากใยส้ม 3% มีลักษณะเคิร์ดของโยเกิร์ต แน่น ผิวหน้าเรียบเนียน ลักษณะเนื้อสัมผัสข้นและหยาบ มีสีเหลือง ซึ่งการเสริมกากใยส้มมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และสี ของโยเกิร์ต การเพิ่มปริมาณกากใยส้มจำนวนที่มากขึ้น จะส่งผลให้โยเกิร์ตมีความข้นหนืดดังแสดงในตารางที่ 1 จากตารางจะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของกากใยสูงขึ้นทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีความข้นหนืดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่เสริมกากใยส้มปริมาณ 3% มีค่าความข้นหนืดสูงสุดเท่ากับ 2,574.33 เซนติพอยด์ และโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่ ไม่มีการเสริมกากใยส้มมีความหนืดต่ำที่สุด เท่ากับ 851.8 เซนติพอยด์ สอดคล้องกับการวิจัยของ Espirito-Santo และคณะ, (2013) พบว่าเมื่อเสริมกากใยของเสาวรสส่งผลให้โยเกิร์ตมีความหนืดสูงขึ้น สำหรับค่าร้อยละ syneresis ของโยเกิร์ตเป็นผลมาจากการให้ความร้อนก่อนการผลิตโยเกิร์ต ซึ่งจะมีผลต่อลักษณะการจับตัวของอนุภาคเคซีนโดยค่าร้อยละ syneresis ลดลงเมื่อเสริมกากใยส้ม 1% เทียบกับโยเกิร์ตชุดควบคุม ในทางตรงข้ามค่าร้อยละ syneresis จะค่อยเพิ่มขึ้นเมื่อเสริมกากใยส้ม 2% และ 3% แสดงดังตารางที่ 1

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเสริมกากใยส้ม พบว่า เมื่อเสริมกากใยส้มที่ระดับต่างๆ ค่าความเป็นกรดด่างจะลดลง และปริมาณกรดแลกติกสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเห็นได้ชัดเจนที่สุดเมื่อเสริมกากใยส้มปริมาณ 3% โดยมีค่าความเป็นกรดด่างเป็น 4.48 และปริมาณกรดแลคติคเป็น 0.32% ดังแสดงใน Table 1

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเสริมกากใยส้ม พบว่า *L. plantarum* C7 สามารถมีชีวิตรอดและเกิดกิจกรรมได้ทุกสิ่งทดลอง โดยมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกเหลือรอดอยู่ในช่วง 7.70-8.47 LogCFU/g โดยเฉพาะโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่มีการเติมกากใยส้มลงไปพบว่ามีจุลินทรีย์เหลือรอดอยู่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งมีจำนวนมากพอที่จะเป็นประโยชน์ในการบำบัดรักษาโรค โดย Champagne และคณะ (2011) ได้รายงานไว้ว่าการบริโภคจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจำนวนมากกว่า 6-8 LogCFU/g ของโยเกิร์ตต่อวันจะส่งผลประโยชน์ต่อร่างกาย

Table 1 Effect of citrus fiber on quality characteristics and survival of *L. plantarum* in soy yoghurt at 12 h

Soyghurt	pH	Acidity (%)	Syneresis (%)	Viscosity (cp)	*L. plantarum* (LogCFU/g)
Control	5.67^{a}	0.26^{c}	22.47^{a}	851.80^{c}	7.70^{c}
1% Citrus Fiber	5.61^{a}	0.26^{c}	1.27^{c}	$1,096.93^{bc}$	8.04^{bc}
2% Citrus Fiber	5.55^{a}	0.28^{b}	5.57^{b}	$1,479.33^{b}$	8.28^{ab}
3% Citrus Fiber	4.48^{b}	0.32^{a}	7.83^{b}	$2,574.33^{a}$	8.66^{a}

Means values (n=3) in the same column with different superscripts are significantly different ($p< 0.05$)

จากนั้นทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเสริมกากใยส้มในระหว่างการเก็บรักษานาน 7 วัน พบว่า โยเกิร์ตถั่วเหลืองเสริมกากใยส้มมีกลิ่นของถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้น ลักษณะเนื้อของโยเกิร์ตข้นจับตัวกันเป็นเคิร์ด ผิวหน้าเรียบเนียน และค่าร้อยละ syneresis ของโยเกิร์ตทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Varnam และ Sutherland (1994) พบว่าเมื่อเก็บโยเกิร์ตไว้นานการอุ้มน้ำของเนื้อโยเกิร์ตจะลดลงและมีปริมาณมากขึ้นเมื่อโยเกิร์ตมีปริมาณของแข็งมากขึ้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดด่างในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองเสริมกากใยส้มมีค่าลดลง ส่งผลให้ปริมาณกรดแลกติกมีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงดัง Table 2

Table 2 Effect of citrus fiber on quality characteristics and survival of *L. plantarum* in soy yoghurt after stored at 4°C for 7 days

Soyghurt	pH	Acidity (%)	Syneresis (%)	*L. plantarum* (LogCFU/g)
Control	5.02^{a}	0.60^{b}	30.33^{a}	7.46^{b}
1% Citrus Fiber	5.04^{a}	0.59^{c}	4.47^{d}	8.59^{a}
2% Citrus Fiber	4.90^{b}	0.62^{b}	8.50^{c}	8.03^{a}
3% Citrus Fiber	4.45^{c}	0.73^{a}	12.90^{b}	8.57^{a}

Means values (n=3) in the same column with different superscripts are significantly different ($p< 0.05$)

จาก Table 2 แสดงให้เห็นว่าเชื้อ *L. plantarum* C7 สามารถมีชีวิตรอดและเกิดกิจกรรมในโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง ทั้งที่เสริมและไม่เสริมกากใยส้มระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ และการเสริมเส้นใยกากส้มลงในโยเกิร์ตช่วยส่งเสริม การอยู่รอดของกล้าเชื้ออย่างเห็นได้ชัด โดยมีจำนวนอยู่ในช่วง 8.03-8.59 LogCFU/g ซึ่งสูงกว่าโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่ไม่เติมกากใยส้ม (7.46 LogCFU/g) ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sendra และคณะ (2008) ที่กล่าวว่ากากใยส้มเป็นแหล่งของใยอาหารซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน หรือ พรีไบโอติคซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติค

สรุปผล

การเสริมกากใยส้มในโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองโดยใช้ปริมาณกากใยส้มที่แตกต่างกัน คือ 0, 1, 2 และ 3 % พบว่าโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่เสริมกากใยส้มมีการลดลงของความเป็นกรดด่างอย่างรวดเร็ว มีปริมาณกรดแลกติกสูงขึ้น รวมทั้งความข้นหนืดที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตนมถั่วเหลืองที่ไม่เสริมกากใยส้ม ส่งผลต่อคุณภาพของ โยเกิร์ตนมถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังส่งเสริมความสามารถในการมีชีวิตรอดของแบคทีเรียกรดแลคติกที่สูงขึ้นมากกว่า 8 LogCFU/g

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ประจำปี 2556 ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

จิราพัชร กงภูธร, 2548, การใช้ประโยชน์นมถั่วเหลืองยูเอชทีที่ใกล้หมดอายุ โดยแบคทีเรียกรดแลกติก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 183 น.

ธณิกานต์ ธรสินธุ์, 2547, การคัดเลือกแบคทีเรียกรดแลกติกจากนมถั่วเหลือง เพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อโยเกิร์ตนมถั่วเหลือง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 180 น.

มลศิริ วีโรทัย, 2545, เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการจำกัด, 260 น.

Champagne, C.P., Ross, R.P. and Saarela, M., 2011, Recommendations for the viability assessment of probiotics as concentrated cultures and in food matrices, Internation Journal Food Microbiology, 149:185-193.

Espirito-Santo, A.P., Lagazzo, A., Sousa, A.L.O.P., Perego, P., Converti, A., and Marice, N.O., 2013. Rheology, spontaneous whey separation, microstructure and sensorial characteristics of probiotic yoghurts enriched with passion fruit fiber, Food Research International, 50:224-231.

Oliveira, R.P.S., Perego, P., Oliveira, M.N. and Converti. A., 2012, Effect of inulin on the growth and metabolism of a probiotic strains of *Lactobacillus rhamnosus* in co-culture with *Streptococcus thermophilus*, LWT-Food Science and Technology, 47: 358-363.

Sendra, E., Fayos, P., Lario, Y., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E. and Perez-Alvarez, J.A., 2008, Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria, Food Microbiology, 25: 13–21.

Varnam, V.H. and Sutherland, J.P., 1994, Milk and Milk Products: Technology Chemistry and Microbiology. Chapman and Hall, London.

ความคิดเห็นของการเลือกสื่อเครือข่ายสังคมที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ร่วมกันของนิสิตปริญญาตรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Opinion of Social Media in Collaborative Learning of Undergraduate Students, Faculty of Agriculture, Kasetsart University

ณัฐ สมณคุปต์[1] **สุภาภรณ์ เลิศศิริ**[1]
Samanakoopt, N.[1], Lertsiri, S.[1]

Abstract

The objectives of this research were to study the opinions on collaborative learning of undergraduate students, Faculty of Agriculture and to study the use of social media in collaborative learning of undergraduate students, Faculty of Agriculture. Data were collected from undergraduate students Faculty of Agriculture by employing the simple random sampling and analyzed by descriptive analyses. Research results showed that students expressed very high opinion on the teaching and learning activities thru using activities in the classroom, followed by group work activities and exchanging and learning through the use of online social media, respectively. On the use of social network, students needed Facebook to communicate with their instructors. They needed Flikr to send image, Youtube to send video and 4Shared to send audio files, respectively.
Keywords: social media, collaborative learning

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนิสิตในการเรียนรู้ร่วมกันด้านการเกษตร ของนิสิตระดับปริญญาตรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเพื่อศึกษาการใช้สื่อเครือข่ายสังคม (social media) ในการเรียนรู้ร่วมกันของนิสิตระดับปริญญาตรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือ นิสิตระดับปริญญาตรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 222 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Sample Random Sampling) และเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม นำข้อมูลมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน นิสิตมีความคิดเห็นในระดับมากที่สุด คือ มีกิจกรรมแทรกอยู่ในการเรียน รองลงมาคือ กิจกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม และกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ ตามลำดับ ด้านการใช้สื่อเครือข่ายสังคม คือ นิสิตต้องการใช้เฟซบุ๊ก (Facebook) ในการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ส่วนการส่งงานที่ได้รับมอบหมาย นิสิตเลือกใช้ฟลิกเกอร์ (Flikr) ส่งไฟล์รูปภาพ ใช้ยูทูบ (Youtube) ส่งไฟล์วิดีโอ และใช้โฟร์แชร์ (4Shared) ส่งไฟล์เสียง ตามลำดับ
คำสำคัญ: สื่อเครือข่ายสังคม การเรียนรู้ร่วมกัน

คำนำ

ปัจจุบัน รูปแบบการเรียนการสอนทางด้านส่งเสริมการเกษตร ที่เน้นให้ผู้เรียนทำการเรียนในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัตินั้น โดยทั่วไปผู้เรียนต้องทำการศึกษาค้นคว้าจากตำรา หนังสือ งานวิจัยและเอกสารต่างๆ ตลอดจนการทำรายงานส่งให้ผู้สอน และมุ่งหวังเพียงแค่ผ่านการทดสอบเพื่อวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองเท่านั้น ส่วนความรู้ที่เกิดขึ้นหลังจากที่ได้ทำการศึกษาในรูปแบบดังกล่าวอาจทำให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจถึงรายวิชานั้นๆ เพียงด้านเดียว ทำให้ผู้เรียนขาดมุมมองอีกหลายด้าน โดยไม่รู้ว่าในศาสตร์ที่ศึกษานั้นยังมีความรู้อื่นๆ อยู่อีกมากมาย ผู้เรียนต้องจำเป็นต้องขวนขวายหาความรู้เพื่อปรับตัวเองให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในยุคที่อุปกรณ์ด้านไอทีเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงาน การเสาะแสวงหาความรู้เพิ่มเติมจากสถาบันการศึกษา การฝึกอบรมภายในหน่วยงานในลักษณะของ e-Training หรือแม้กระทั่งการเรียนรู้ร่วมกันซึ่งกันและกันภายในหน่วยงาน(Learning organization) ก็จะเป็นวิธีการที่เกิดขึ้นและถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาบุคลากรในงานส่งเสริมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน (พิชัย, 2548)

---

[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd, Lat Yao Sub-district, Chatuchak District Bangkok 10900

Makaramani (2012) กล่าวว่า เว็บบล็อกเป็นการเปิดโอกาสในการเรียนรู้ร่วมกันและทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี ผู้เรียนมีโอกาสที่จะอ่านบล็อกเพื่อนร่วมชั้นของพวกเขาและคนอื่นๆ ด้วยคุณลักษณะของบล็อกที่สามารถบันทึกและง่ายที่จะเรียนรู้ในการสะท้อนความคิด การเรียนรู้โดยใช้เว็บบล็อกให้โอกาสในการสอนเกี่ยวกับการสื่อสารมวลชนมีความรับผิดชอบ เพราะผู้เรียนที่กำลังโพสต์บล็อกสามารถเข้าถึงกลุ่มที่มีโพสต์ของผู้เรียนอื่นๆ ได้เช่นกัน ด้วยรูปแบบการเรียนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับงานส่งเสริมการเกษตร ที่ผู้เรียนต้องอาศัยทรัพยากรและแหล่งข้อมูลด้านการเกษตรจากเอกสารการสอน ตำรา และหนังสือแล้วนั้น ผู้เรียนยังสามารถรับข้อมูล ความรู้ต่างๆ ได้จากเพื่อนร่วมชั้นได้อีกช่องทางหนึ่ง รูปแบบการเรียนที่มีลักษณะของการเรียนเป็นกลุ่มทำให้ผู้เรียนมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นในการแบ่งปันข้อมูลระหว่างกัน ประกอบกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารที่ถูกเชื่อมโยงจนกลายเป็นสื่อสังคมออนไลน์โดยมีสื่อเครือข่ายสังคมที่หลากหลาย ทำให้การเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ในชีวิตประจำวันสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ทันต่อเหตุการณ์ ทุกที่ทุกเวลา

ปัจจัยสำคัญในการถ่ายทอดความรู้ นวัตกรรม และเทคโนโลยี สู่เกษตรกร เพื่อสร้างแรงจูงใจหรือมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในการผลิต การสร้างเครือข่ายหรือความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและเกษตรกร เพื่อให้เกษตรกรเข้าถึงแหล่งความรู้และวิทยาการได้ (อยุทธ์, 2552) ทำให้การส่งเสริมการเกษตรที่เกิดขึ้นจะมีความแตกต่างกว่าเดิมคือสามารถมีปฏิสัมพันธ์สามารถตอบโต้ข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เกษตรกรจะมีบทบาทมากขึ้นในรูปแบบของกลุ่มในการแลกเปลี่ยนข้อมูลและอาจไปถึงในขั้นของการอภิปรายเพื่อร่วมกันแก้ปัญหา และท้ายที่สุดจะทำให้เกิดชุมชนเกษตรกรบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นชุมชนที่ร่วมกันใช้ข้อมูล สร้างข้อมูล และร่วมกันช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่โดยมีนักส่งเสริมเป็นผู้คอยให้คำแนะนำช่วยเหลือและร่วมวิเคราะห์แก้ไขปัญหา (พิชัย, 2548) ดังนั้น ในการเรียนการสอนด้านการส่งเสริมการเกษตร ควรมีการปรับรูปแบบให้มีกิจกรรมกลุ่มแทรกอยู่ในเนื้อหารายวิชาโดยนำสื่อเครือข่ายสังคมมาประยุกต์ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนอย่างเหมาะสม ก็สามารถทำให้ผู้เรียน แสดงความคิดเห็น วิพากษ์ วิจารณ์อย่างสร้างสรรค์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ในสิ่งที่ตนเองค้นคว้ามา จนเกิดความเข้าใจในศาสตร์อย่างถ่องแท้และนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาผู้อื่น องค์กร และประเทศชาติต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถาม "ความคิดเห็นของการเลือกสื่อเครือข่ายสังคมที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ร่วมกันของนิสิต" และทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนิสิตชั้นปีที่ 1-4 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต 4 สาขาวิชา ได้แก่ สาขาวิทยาศาสตร์เกษตร สาขาวิชาเคมีการเกษตร สาขาวิชาการจัดการศัตรูพืชและสัตว์ และสาขาคหกรรมศาสตร์ ในระดับปริญญาตรี คณะเกษตร จำนวน 222 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Sample Random Sampling) และ นำข้อมูลมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลทั่วไปของนิสิตระดับปริญญาตรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิงร้อยละ 65.8 และเป็นเพศชายร้อยละ 34.2 อายุมากที่สุด เท่ากับ 25 ปี อายุน้อยที่สุด เท่ากับ 19 ปี

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนิสิตในการเรียนรู้ร่วมกันผ่านสื่อเครือข่ายสังคม ด้านกิจกรรมการเรียนการสอนในระดับมากที่สุด คือ นิสิตต้องการให้ผู้สอน มีกิจกรรมการเรียนแทรกอยู่ในเนื้อหาวิชา ($\overline{X}$ =4.15) รองลงมา คือในการเรียนแบบทำงานกลุ่มโดยที่นิสิตต้องมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ นิสิตต้องการให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในห้องเรียน ($\overline{X}$ =4.09) ในการเข้าทำงานกลุ่มนิสิตมีความต้องการเข้ากลุ่มๆ ละ 4-5 คน ($\overline{X}$ =4.00) ในการเรียนแบบทำงานกลุ่มโดยที่นิสิตต้องมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ นิสิตต้องการให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านสื่อสังคม ($\overline{X}$ =4.00) ตามลำดับ นิสิตมีความคิดเห็นของในการเรียนรู้ร่วมกันผ่านสื่อเครือข่ายสังคมในระดับมากที่สุด คือ นิสิตรู้จักและใช้งานเฟซบุ๊กในชีวิตประจำวัน ($\overline{X}$ =4.55) รองลงมา คือ นิสิตต้องเข้าทำงานกลุ่มกับเพื่อนต่างคณะและมหาวิทยาลัย ท่านจะใช้เฟซบุ๊กในการเรียนร่วมกัน ($\overline{X}$ =4.15) นิสิตคิดว่าเฟซบุ๊กเหมาะสมและสามารถนำมาใช้ร่วมกับการเรียนการสอนได้ ($\overline{X}$ =4.06) ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลส่วนบุคคล กับความคิดเห็นของนิสิตในการเรียนรู้ร่วมกันผ่านสื่อเครือข่ายสังคม พบว่า นิสิตที่มีเพศแตกต่างกัน มีความคิดเห็นของนิสิตในการเรียนรู้ร่วมกันผ่านสื่อเครือข่ายสังคมโดยภาพรวม ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน และด้านการใช้สื่อเครือข่ายสังคมไม่แตกต่างกัน และนิสิตที่มีอายุแตกต่างกัน มีความคิดเห็นของนิสิตในการเรียนรู้ร่วมกันผ่านสื่อเครือข่ายสังคมโดยภาพรวม ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน และด้านการใช้สื่อเครือข่ายสังคมไม่แตกต่างกัน

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะต่อการเรียนรู้ร่วมกันผ่านสื่อเครือข่ายสังคม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีข้อเสนอแนะต่อการเรียนรู้ร่วมกันผ่านสื่อเครือข่ายสังคมทำให้นิสิตสามารถพูดคุยและเข้าถึงอาจารย์ได้มากขึ้น แต่ควรคำนึงถึงผลกระทบต่อบุคคลที่ไม่ได้ใช้สื่อเครือข่ายสังคมด้วย และควรมีการจัดทำเว็บไซต์ที่มีเนื้อหาวิชาเพิ่มเติมนอกเหนือจากสื่อเครือข่ายสังคม

Table 1 พบว่า นิสิตมีความคิดเห็นของในการเรียนรู้ร่วมกันผ่านสื่อเครือข่ายสังคม ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน นิสิตมีความคิดเห็นของในการเรียนรู้ร่วมกันผ่านสื่อเครือข่ายสังคมในระดับมากทุกข้อ โดยมากที่สุด คือ รูปแบบการเรียนร่วมกัน นิสิตต้องการให้ผู้สอน มีกิจกรรมการเรียนแทรกอยู่ในเนื้อหาวิชา ($\overline{X}$ =4.15) และด้านการใช้สื่อเครือข่ายสังคม นิสิตมีความคิดเห็นของในการเรียนรู้ร่วมกันผ่านสื่อเครือข่ายสังคม คือ นิสิตรู้จักและใช้งาน เฟซบุ๊ก ในชีวิตประจำวัน ($\overline{X}$ =4.55)

วิจารณ์ผล

จากผลวิจัยพบว่า รูปแบบของกิจกรรมการเรียนสอนด้านการเกษตรในปัจจุบันควรเน้นให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มย่อยในชั้นเรียนและกิจกรรมเสริมนอกชั้นเรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจเนื้อหาวิชาจนเกิดความรู้ความเข้าใจ อีกทั้งผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลและแบ่งปันความรู้กับผู้อื่นได้อย่างอิสระ โดยเครื่องมือที่นำมาประยุกต์ใช้กับการเรียนรู้แบบกลุ่มย่อยคือการใช้สื่อเครือข่ายสังคมที่เป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันนั้น เช่น เฟสบุ๊ก ยูทูบ ฟลิกเกอร์ และโฟร์แชร์ ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลของบุคคลอื่นได้ตลอดเวลา และสามารถแพร่กระจายข้อมูลข่าวสาร หรือแหล่งความรู้ต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว รวมถึงการรวบรวม ค้นคว้า การแสดงความคิดเห็น การแลกเปลี่ยนข้อมูลและการติดต่อสื่อสารกับอาจารย์ผู้สอน เพื่อนต่างคณะและต่างมหาวิทยาลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการวิจัยยังพบอีกว่านิสิตคณะเกษตร ระดับปริญญาตรี ทั้งเพศหญิงและเพศชาย มีความสามารถในการใช้สื่อเครือข่ายสังคมได้ไม่แตกต่างกัน นั่นแสดงถึง หากมีการนำสื่อเครือข่ายสังคมเป็นเครื่องมือมาประยุกต์ใช้ร่วมกับกิจกรรมการเรียนการสอนในเนื้อหาวิชาด้านการเกษตรก็จะสามารถนำมาใช้ได้ทันทีเพราะผู้เรียนมีความพร้อมในด้านการสื่อเครือข่ายสังคมอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามการนำสื่อเครือข่ายสังคมมาใช้ร่วมกับกิจกรรมการเรียนการสอนควรออกแบบให้มีความเหมาะสมกับเนื้อหารายวิชา ไม่ควรนำมาใช้บ่อยครั้งจนเกินไปเพราะอาจทำให้ผู้เรียนขาดปฏิสัมพันธ์บุคคลรอบข้างด้วยเช่นกัน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป สามารถนำไปศึกษาถึงการเรียนรู้ของเกษตรกร เช่น การฝึกอบรม การสาธิต และการทดลอง โดยสามารถจัดกิจกรรมกลุ่มย่อย ร่วมกับเกษตรกรโดยใช้สื่อเครือข่ายสังคมเป็นเครื่องมือในการติดต่อสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ แสดงความคิดเห็น และเป็นการเพิ่มช่องการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการส่งเสริมการเกษตรต่อไป

สรุปผล

ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน นิสิตมีความคิดเห็นของในการเรียนรู้ร่วมกันในระดับมากทุกข้อ โดยในระดับมากที่สุด คือ นิสิตต้องการให้ผู้สอน มีกิจกรรมการเรียนแทรกอยู่ในเนื้อหาวิชา โดยใช้วิธีในการเรียนแบบทำงานกลุ่มๆ ละ 4-5 คน ส่วนกิจกรรมการเรียนนิสิตสามารถแสดงความคิดเห็น แบ่งปันข้อมูลและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน เครื่องมือที่จะนำมาใช้เป็นช่องทางในการทำกิจกรรมการเรียนได้แก่ สื่อสังคม เนื้อหาวิชาควรมีการบูรณาการ 2 วิชาเข้าด้วยกัน โดยที่ 2 วิชานั้นต้องมีเนื้อหาที่สอดคล้องกัน และนิสิตต้องการสร้างสรรค์โครงงานร่วมกัน โดยเฉพาะโครงงานที่เกี่ยวข้องกับการทำธุรกิจออนไลน์ทางการเกษตร เช่น เว็บไซต์สินค้าออนไลน์ทางการเกษตร ในการเข้าทำโครงงานร่วมกันนั้น นิสิตมีความต้องการทำงานร่วมกับเพื่อนต่างคณะ และต่างมหาวิทยาลัย ด้านการใช้สื่อเครือข่ายสังคม คือ นิสิตรู้จักและใช้งานเฟซบุ๊กในชีวิตประจำวัน และต้องการเข้าทำงานกลุ่มกับเพื่อนต่างคณะและต่างมหาวิทยาลัยผ่านเฟซบุ๊ก ซึ่งเหมาะสมและสามารถนำมาใช้ร่วมกับการเรียนการสอนและใช้ติดต่อสื่อสารกับอาจารย์ผู้สอน รวมถึงการส่งชิ้นงานและการบ้านแก่ผู้สอน ส่วนเครื่องมืออื่นๆ ที่เหมาะสมสำหรับการเรียนการสอนได้แก่ การใช้ฟลิกเกอร์ในการตกแต่ง, สร้างอัลบั้มและโพสต์รูปภาพ การส่งชิ้นงานและการบ้านที่เป็นไฟล์วิดีโอผ่าน ยูทูบ และนิสิตไฟล์เสียงด้วยโฟร์แชร์

คำขอบคุณ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือและการดูแลอย่างดียิ่งจาก รศ.ดร.สาวิตรี รังสิภัทร ประธานคณะกรรมการวิจัยและบริการวิชาการ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาและข้อคิดเห็นที่มีคุณค่าต่องานวิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

พิชัย ทองดีเลิศ, 2548, เทคโนโลยีสารสนเทศทางการเกษตร, กรุงเทพมหานคร, ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อยุทธ์ นิสสภา, 2552, เส้นทางพัฒนางานส่งเสริมการเกษตรไทย, เอกสารประกอบการสัมมนาครบรอบ 25 ปี ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Makaramani, R., 2012, Using Weblog for Innovative Teaching in Higher Education, Proceedings of TCU International e-Learning Conference.

Table 1 The mean and standard deviation All of the Opinion of Social Media in Collaborative Learning

(n=222)

Opinion of Social Media in Collaborative Learning	$\overline{X}$	S.D.	Level
1. Teaching and learning activities.			
1) In group work, students need 4-5 members/group.	4.00	0.87	High
2) In collaborative learning, students need learning activities in the course outline.	4.15	0.67	High
3) In group discussion, students need to exchange ideas in the classroom.	4.09	0.65	High
4) In group discussion, students need to exchange ideas through social network media.	4.00	0.83	High
5) In group discussion, students need to work with other students from different colleges and universities.	3.59	1.02	High
6) Students need to create a project after group discussion is ended.	3.95	0.81	High
7) If students participate in collaborative learning, there should be 2 courses that have coherent contents.	3.97	0.85	High
8) If students are assigned to do group projects, they need projects related to online business such as website about agricultural products.	3.85	0.82	High
Total	3.95	0.81	High
2. Using the Social Media			
1) Students know and use Facebook in everyday life.	4.55	0.74	Very high
2) Students think that Facebook can be used in conjunction with the appropriate teaching and learning.	4.06	0.89	High
3) Students need to use Facebook to communicate with their instructors.	4.05	1.01	High
4) Students need to use Facebook to send their homework.	3.77	1.13	High
5) Students need to use YouTube to send video files.	3.30	1.17	Moderate
6) Students need to use 4shared to send audio files.	3.18	1.18	Moderate
7) Students need to use Flikr to decorate, create and post pictures.	3.58	1.10	High
8) In collaborative learning, students need to use Facebook to work with other group of students from different colleges and universities.	4.15	0.86	High
Total	3.83	1.01	High

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 253-256 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 253-256 (2556)

การศึกษาเปรียบเทียบยีสต์ 3 ชนิดในอาหารตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้ภาคพื้นตะวันออก *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

Comparative Study of 3 Yeasts in Adult Diets of the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์[1] สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ[1] วณิช ลิ่มโอภาสมณี[1] และทศพล แทนนรินทร์[1]

Kongratarporn, T.[1], Segsarnviriya, S.[1] Limophasmanee, W.[1] and Tannarin T.[1]

Abstract

Adult diets of the Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) with 3 yeasts (Yeast hydrolysate enzymatic, YE 100 and YE 200) were studied. The experiment was conducted in a CRD with 5 replications. All treatments were maintained at 25$\pm$1^{o}C, 70% RH and under fluorescent lights (470 lux). Eggs were collected every day after adults emerged for 10 day for 12 days. The volume and percentage of egg hatchability were measured. Results showed that the volume of eggs from adult feed on Yeast hydrolysate enzymatic, YE 100 and YE 200 were 62, 53.79 and 46.42 ml respectively. The percentage of egg hatchability from adult feed on Yeast hydrolysate enzymatic was 69.82% that was significantly different from YE 100 and YE 200 that were 57.9 and 56.49% respectively. However, the trend of YE 100 would be alternative source of protein for adult diets.

Keywords: fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), yeast

บทคัดย่อ

การศึกษาอาหารตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้ภาคพื้นตะวันออก *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ด้วยยีสต์โปรตีน 3 ชนิด ได้แก่ ยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติก ยีสต์ YE 100 และ ยีสต์ YE 200 วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 5 ซ้ำ ทำการทดลองภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25$\pm$1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 ความเข้มแสง 470 ลักซ์ เก็บไข่แมลงเมื่อตัวเต็มวัยอายุ 10 วัน เก็บไข่ทุกวัน เป็นเวลา 12 วัน วัดปริมาตร และหาร้อยละของไข่ฟัก ผลการศึกษาพบว่าตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติกมีปริมาณไข่เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 62 ml รองลงมาคือ ยีสต์ YE 100 มีค่า 53.79 ml. และ ยีสต์ YE 200 มีค่าเฉลี่ยน้อยสุด 46.42 ml อัตราการฟักของไข่ของตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติก มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับร้อยละ 69.82 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจาก ยีสต์ YE 100 และ ยีสต์ YE 200 ที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 57.9 และ 56.49 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามยีสต์ YE 100 นับเป็นทางเลือกที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้เลี้ยงตัวเต็มวัยได้

คำสำคัญ: แมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ยีสต์

คำนำ

แมลงวันผลไม้ภาคพื้นตะวันออก *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ระยะตัวเต็มวัยกินน้ำหวาน โปรตีน และวิตามินที่มีในสิ่งขับถ่ายของแมลงอื่น นก ตลอดจนน้ำยางจากแผลต้นไม้ น้ำหวานจากพืชและเชื้อจุลินทรีย์บนพืชที่มีอยู่ในธรรมชาติเป็นอาหาร (Hong Tan, 2003) แมลงนำสารอาหารที่ได้แปรเปลี่ยนเป็นแหล่งพลังงานหรือองค์ประกอบของเซลล์ต่างๆ เพื่อใช้ในการดำรงชีวิต เช่น การผสมพันธุ์ การผลิตไข่ การวางไข่ ฯลฯ การเพาะเลี้ยงแมลงให้ได้จำนวนมากเพื่อสนับสนุนการควบคุมแมลงวันผลไม้ที่ทำลายไม้ผลโดยใช้แมลงวันผลไม้ที่เป็นหมันโดยเทคนิคทางรังสีนั้น อาหารที่ใช้เลี้ยงตัวเต็มวัยประกอบด้วยยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมตติกผสมน้ำตาลทรายอัตราส่วน 1 ต่อ 3 (สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ, 2554)

ยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติกเป็นยีสต์ที่ผ่านการย่อยด้วยกรดหรือเอ็นไซม์ทำให้ได้กรดอะมิโนมากมาย (ณัฐวุฒิ, 2550) ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการสร้างไข่ที่สมบูรณ์ของตัวเต็มวัยแมลงวันผลไม้เพศเมีย ซึ่งการผลิตไข่ที่ได้จำนวนมากและมีอัตราการฟักที่สูงมีความสำคัญต่อการผลิตแมลงเป็นอย่างมาก (Kakinohana และ Yamagishi, 1991) ปัจจุบันยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติกที่ใช้เลี้ยงตัวเต็มวัยต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตแมลงให้สูงขึ้นด้วย จากการทดสอบอาหารเลี้ยงตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้ในเบื้องต้น (Pre-test) โดยใช้แหล่งโปรตีน

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ 7 ตำบลทรายมูล อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organiztion) 9/9 Moo 7 , Tambon Saimoon, Amphur Ongkharak, Nakhonnayok 26120

ภายในประเทศอื่นๆ เช่น ไข่ผง ขนไก่ป่น ยีสต์จากกากเบียร์ ยีสต์สกัดสูตร YE 100 และ YE 200 พบว่าตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยไข่ผง และขนไก่ป่น ไม่สามารถผลิตไข่ได้ เนื่องจากการผลิตไข่ผงเป็นการถนอมอาหารโดยการทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ได้ไข่ผงที่มีลักษณะผงละเอียดมีโปรตีนสูงและยังเป็นโมเลกุลใหญ่แมลงไม่สามารถดูดซึมสารอาหารมาใช้ได้ ขนไก่ป่นผลิตโดยนำขนไก่มาย่อยด้วยกรดภายใต้ความดันสูง มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 80-90 แต่ย่อยได้ยากเพราะขนไก่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ และมีกรดอะมิโนที่จำเป็น 4 ตัวได้แก่ เมทไธโอนีน ไลซีน ฮีสทิดีน และทริปโตเฟน ในระดับต่ำจำเป็นต้องเสริมสารอื่นๆ ร่วมด้วยถ้าเลี้ยงสัตว์ด้วยขนไก่ป่นเพียงอย่างเดียวอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตและทำให้ผลผลิตลดลง (Saravanan และ Dhurai, 2012) ในขณะที่ยีสต์จากกากเบียร์ ยีสต์สกัดสูตร YE 100 และ YE 200 แมลงสามารถผลิตไข่ได้ จึงคัดเลือกยีสต์สกัดสูตร YE100 และ YE200 มาทำการทดสอบต่อไป วัตถุประสงค์ของการทดลองในครั้งนี้ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของยีสต์สกัดที่ผลิตภายในประเทศเปรียบเทียบยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติกสำหรับเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตแมลงวันผลไม้ภาคพื้นตะวันออก *B. dorsalis* (Hendel) ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 5 ซ้ำ โดยใช้ดักแด้อายุ 9±1 วัน จำนวน 1.5 ลิตร (68,000 ตัว) ใส่ในกรงแบบทรงลูกบาศก์ขนาด 75x75x95 ซม. ให้อาหารตัวเต็มวัยด้วยน้ำตาลและยีสต์ผสมกันในอัตราส่วน 3:1 ให้อาหารจำนวน 2 กิโลกรัมโดยใช้ยีสต์โปรตีนชนิดต่างๆ ดังนี้ ทรีทเมนต์ที่ 1 ยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติก (USB Corporation, USA) ทรีทเมนต์ที่ 2 ยีสต์ YE 100 และทรีทเมนต์ที่ 3 ยีสต์ YE 200 (บริษัท อดินพ จำกัด) ทำการทดลองภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 ความเข้มแสงภายในห้องเลี้ยงประมาณ 470 ลักซ์ เริ่มเก็บไข่แมลงเมื่อตัวเต็มวัยอายุ 10-22 วัน เก็บไข่ทุกวัน จากนั้นเก็บรวบรวมไข่แต่ละทรีทเมนต์มาวัดปริมาตร และหาร้อยละไข่ฟัก วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple rang test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติก มีปริมาณไข่สูงสุด 88 ml. ที่อายุ 16 วัน ตัวเต็มวัยที่เลี้ยงยีสต์ YE 100 เก็บไข่ได้มากที่สุด 76 ml ที่อายุ 12 วัน และตัวเต็มวัยที่เลี้ยงยีสต์ YE 200 เก็บไข่ได้มากที่สุด 57 ml ที่อายุ 12 วัน (Figure 1) เมื่อนำมาเฉลี่ยรวมกันพบว่า ตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติก สามารถผลิตไข่เฉลี่ยสูงสุด 62 ml และมีค่าใกล้เคียงกับ ยีสต์ YE 100 ที่เก็บไข่ได้ 53.99 ml ส่วน ยีสต์ YE 100 เก็บไข่ได้เฉลี่ยน้อยที่สุด 46.4 ml (Table 1) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การตรวจสอบการฟักของไข่พบว่า ตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติก มีอัตราการฟักสูงสุดร้อยละ 80.5 ที่อายุ 12 วัน ยีสต์ YE 100 มีอัตราการฟักมากที่สุด 68.5 ml ที่อายุ 11 วัน และ ยีสต์ YE 200 มีอัตราการฟักมากที่สุดร้อยละ 64.2 ที่อายุ 21 (Figure 2) ค่าเฉลี่ยอัตราการฟักของไข่พบว่า ตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติก มีอัตราการฟักสูงสุด ร้อยละ 69.82 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วย ยีสต์ YE 100 และ ยีสต์ YE 200 ที่มีอัตราการฟักใกล้เคียงกันคือ ร้อยละ 57.9 และ 56.49 ตามลำดับ (Table 1) และจากผลการทดสอบพบว่ายีสต์สกัดสูตร YE100 ให้ผลทดลองที่ดีเทียบเคียงกับยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติก ถ้านำไปปรับปรุงสูตรเพิ่มเติมก็นับว่าเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจที่จะนำมาเลี้ยงแมลงได้ ยีสต์เป็นโปรตีนเซลล์เดียว มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน กระบวนการสกัดเซลล์ยีสต์ด้วยเอนไซม์ของเซลล์ยีสต์เองได้แก่ โพรทีเอส กลูแคเนส นิวคลีเอส และ ฟอสโฟไดเอสเทอเรส เอ็นไซม์ย่อยผนังเซลล์และย่อยโปรตีนของเซลล์ยีสต์ให้มีขนาดเล็กลงเป็นสายเพปไทด์สั้นๆ และบางส่วนเป็นกรดอะมิโนที่สำคัญ กระเพาะของแมลงสามารถดูดซึมไปใช้ได้ดี ส่วนการสกัดยีสต์ด้วยกรดนิยมใช้กรดแก่ เช่น กรดไฮโดรคลอริกร่วมกับการใช้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส วิธีนี้ให้ผลผลผลิตโปรตีนมากแต่กรดและความร้อนอาจทำลายวิตามินและกรดอะมิโนบางส่วนทำให้สารสกัดจากยีสต์มีคุณภาพต่ำ (อรุณ , 2553) แมลงนำกรดอะมิโนที่ได้รับไปสร้างเนื้อเยื่อ ส่วนวิตามินมีความจำเป็นสำหรับการผลิตไข่ และช่วยให้การฟักของไข่ดีขึ้น ส่วน fatty acid ช่วยในการวางไข่ การสร้างสารเหนียวยึดติดไข่กับวัตถุต่างๆ ของแมลงทุกชนิด (Chapman, 1998)

สรุปผล

อาหารเลี้ยงตัวเต็มวัยของแมลงวันผลไม้ภาคพื้นตะวันออก *B. dorsalis* (Hendel) ที่ใช้ยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติก มีปริมาณไข่เฉลี่ยสูงสุดคือ 62 ml รองลงมาคือยีสต์ YE 100 มีค่าเท่ากับ 53.79 ml และยีสต์ YE 200 มีค่าเฉลี่ยน้อยสุด 46.42 ml อัตราการฟักของไข่ที่เลี้ยงด้วยยีสต์ไฮโดรไลเซทเอ็นไซม์เมติกมีค่าสูงเช่นเดียวกันโดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 69.82 แตกต่างอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติจากยีสต์ YE 100 และ YE 200 ที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 57.9 และ 56.49 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามยีสต์ YE 100 ก็เป็นทางเลือกที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้เลี้ยงตัวเต็มวัยได้

เอกสารอ้างอิง

ณัฐวุฒิ ส่งแสง ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และกนก รัตนะกนกชัย, 2550, เอนไซม์โปรตีนไฮโดรไลเซทกากถั่วเหลืองที่ย่อยสลายด้วยโบรมิเลน, วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, 38(6) (พิเศษ): 259-262.

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2554, การควบคุมแมลงวันผลไม้ในพื้นที่กว้างโดยเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมันผสมผสานกับวิธีการอื่น, โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ, 39 หน้า.

อรุณ ชาญชัยเชาว์วิวัฒน์, 2553, สารสกัดจากยีสต์ (Yeast Extract), วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์, 10 (2): 84-89.

Chapman, R.F., 1998, The Insects Structure and Function, The Press syndicate of the University of Cambridge Publ, UK, 771 p.

Hong Tan, K., 2003, *Bactrocera dorsalis* complex and its problem in control, recent trends on sterile insect technique and area-wide, Integrated Pest Management, 103-115.

Kakinohana, H. and Yamagishi, M., 1991, The Mass Production of the Melon fly in Okinawa Techniques and Problems, The International Symposium on the Biology and Control of Fruit Flies, September 2-4, 1991, Okinawa, Japan, 1-10.

Saravanan, K. and Dhurai, B., 2012, Exploration on amino acid content and morphological structure in chicken feather fiber, Journal of Textile and Apparel Technology and Management, 7(3): 1-6.

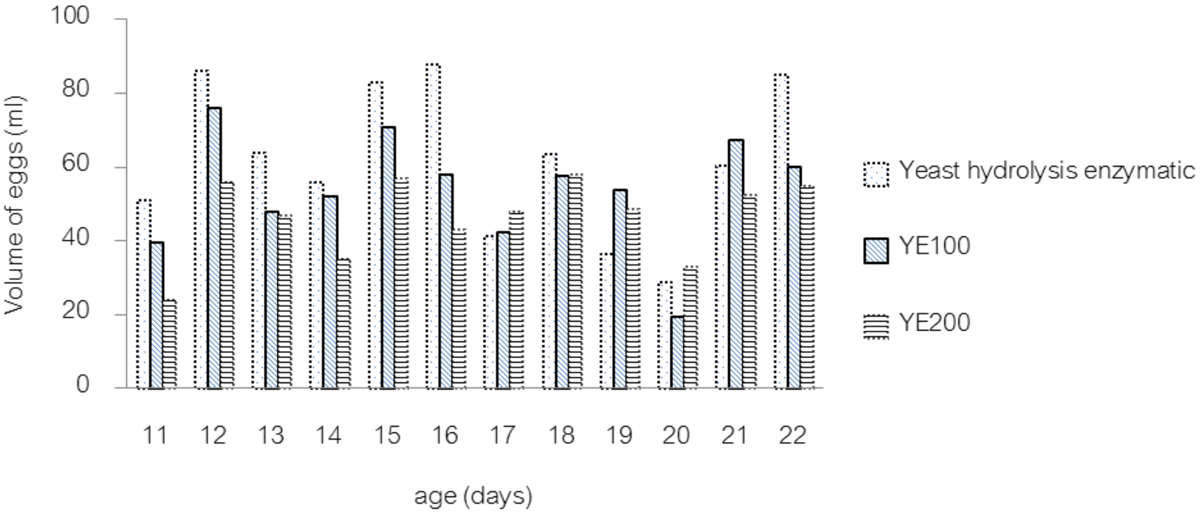


Figure 1 Volume of eggs from *B. dorsalis* (Hendel) in each days.

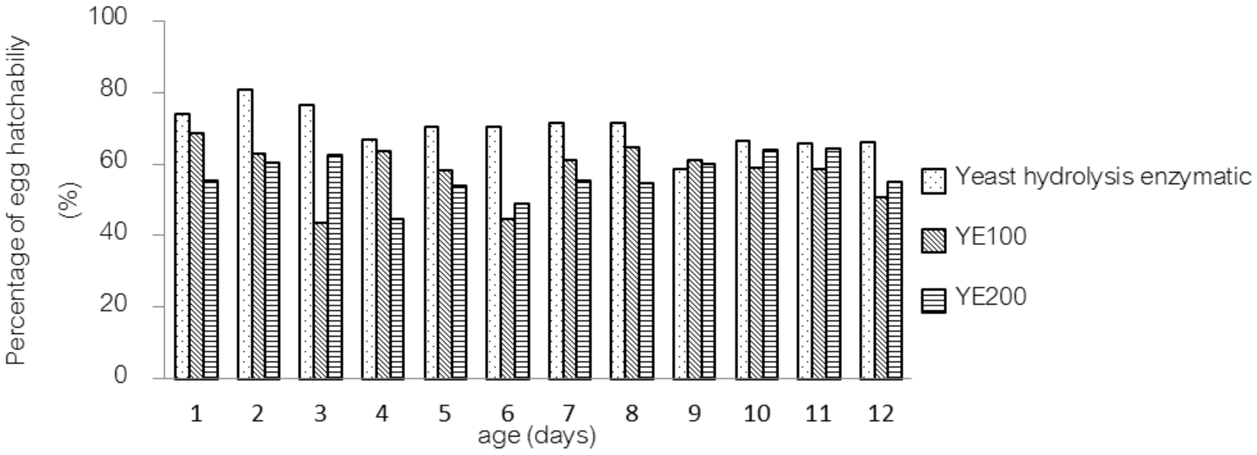


Figure 2 Percentage of egg hatchability from *B. dorsalis* (Hendel) in each days

Table 1 Means of Volume and Percentage of egg hatchability from *B. dorsalis* (Hendel)

Treatments	Volume of eggs (ml.)	Egg hatchability (%)
Yeast hydrolysis enzymatic	62a	69.82a
YE 100	53.79ab	57.9b
YE 200	46.42b	56.49b

Means values followed by the different letters in the same column are significantly different ($P \leq 0.05$)

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 257-260 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 257-260 (2556)

การเจริญเติบโตและคุณภาพผลของมะละกอแขกดำ7 สายพันธุ์

Growth and Fruit Qualityof 7 'Khaek Dam'Papaya Varieties

กฤษณี เอี่ยมจัด[1] สุพรพรรณ ศรีมาศ[1] สิริกุล วะสี[2] พีรพงษ์ แสงวนางค์กูล[3] และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์[1]

Iamjud, K.[1], Srimat, S.[1], Wasee, S.[2], Sangwanangkul, P.[3] and Thaipong, K.[1]

Abstract

'Khaek Dam' papaya is a traditional and an important commercial cultivar of Thailand for years.Due to papaya is a cross-pollinatedcrop and more than a few cultivars are planted together, mutation and variations of fruit quality of 'Khaek Dam' maybe occur. Therefore, this research was aim to study the vegetative growth and fruit quality of 7 'Khaek Dam' papaya varieties collected from places of Thailand. Vegetative growth were evaluated as height to the first flower, number of node to the first flower, height to the first fruit and number of node to the first fruit. Fruit quality traitswere evaluated as fruit weight, fruit length and width, flesh thickness, flesh firmness and total soluble solids. Papaya plants were grown at an experimental field of the Department of Horticulture, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom province.The resultsshowed clearly that vegetative growth and fruit quality of 7 'Khaek Dam' varieties were different. Height to the first flower ranged from 69-109 cm, number of node to the first flower ranged from27-32 nodes, height to the first fruit ranged from 122-175 cm, number of node to the first fruit ranged from41-57 nodes, fruit weight ranged from1.07-2.12 kg, fruit length ranged from 29.0-41.58 cm, fruit width rangedfrom 8.4-11.5 cm, flesh thickness ranged from 2.54-3.03 cm, firmness ranged from0.72-2.04 kg/cm^2 and total soluble solids ranged from8.54-11.56% Brix. Hence, new 'Khaek Dam' papaya variety with more homozygosity and moreuniformityof fruit quality should be selected.

Keywords: selection, homozygosity, fruit quality

บทคัดย่อ

มะละกอแขกดำเป็นพันธุ์ดั้งเดิมและเป็นพันธุ์การค้าที่สำคัญของไทยมานาน เนื่องจากมะละกอเป็นพืชผสมข้ามและมีการปลูกหลายพันธุ์รวมกัน พันธุ์แขกดำที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันจึงอาจเกิดการกลายพันธุ์และมีคุณภาพผลต่างกัน จึงศึกษาการเจริญเติบโตของต้น ได้แก่ ความสูงจากพื้นดินถึงดอกแรก จำนวนข้อเมื่อออกดอกแรก ความสูงจากพื้นดินถึงผลแรกและจำนวนข้อเมื่อติดผลแรกและคุณภาพผลได้แก่ น้ำหนักผล ความยาวและความกว้างผล ความหนาเนื้อ ความแน่นเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ในมะละกอแขกดำ 7 สายพันธุ์ ที่รวบรวมจากแหล่งปลูกต่าง ๆ ในประเทศ โดยปลูกทดสอบ ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม พบว่า การเจริญเติบโตของต้นและคุณภาพผลของมะละกอแขกดำทั้ง7 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันโดยความสูงต้นจากพื้นดินถึงดอกแรกมีค่าระหว่าง 69-109เซนติเมตรจำนวนข้อเมื่อออกดอกแรกมีค่าระหว่าง 27-32ข้อ ความสูงต้นจากพื้นดินถึงผลแรกมีค่าระหว่าง 122-175 เซนติเมตรจำนวนข้อเมื่อติดผลแรกมีค่าระหว่าง 41-57 ข้อ น้ำหนักผลมีค่าระหว่าง 1.1-2.1 กิโลกรัมความยาวผลมีค่าระหว่าง 29.0-41.6เซนติเมตร ความกว้างผลมีค่าระหว่าง 8.4-11.5 เซนติเมตร ความหนาเนื้อมีค่าระหว่าง 2.54-3.03 เซนติเมตรความแน่นเนื้อมีค่าระหว่าง 0.72-2.04 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าระหว่าง 8.54-11.56% Brixดังนั้นจึงควรมีการคัดเลือกพันธุ์มะละกอแขกดำสายพันธุ์ใหม่ที่มีความคงตัวทางพันธุกรรมและมีคุณภาพผลสม่ำเสมอขึ้น

คำสำคัญ: การคัดเลือกพันธุ์ ความคงตัวทางพันธุกรรม คุณภาพผล

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1] Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom 73140

[2] ศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[2] Tropical Vegetable Research Center, Research and Development Institute, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom 73140

[3] ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[3] Postharvest Technology Center, Research and Development Institute, Kasetsart University, KampaengSaen Campus, NakhonPathom 73140

คำนำ

จากรายงานการสำรวจพันธุ์มะละกอของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (2552) พบว่ามะละกอมีคุณภาพผลตกต่ำทั่วประเทศ โดยเฉพาะพันธุ์แขกดำซึ่งเป็นพันธุ์ดั้งเดิมของไทยมานานและยังคงเป็นพันธุ์การค้าที่เกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุดร้อยละ 62 พบว่ามีคุณภาพผลเปลี่ยนไปจากอดีต จากเดิมเนื้อสีแดงเข้มเปลี่ยนเป็นสีแดงอมส้ม นอกจากนี้ยังพบว่าความแน่นเนื้อ ความหนาเนื้อและความหวานค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องมาจากมะละกอเป็นพืชผสมข้ามและเกษตรกรมีการปลูกหลายพันธุ์รวมกัน จึงอาจเกิดการกลายพันธุ์ ส่งผลให้คุณภาพผลเปลี่ยนแปลงไปและไม่มีความสม่ำเสมอดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและคุณภาพผลของมะละกอแขกดำสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่รวบรวมจากแปลงเกษตรกร เพื่อยืนยันความผันแปรของมะละกอสายพันธุ์แขกดำที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันและนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคัดเลือกพันธุ์มะละกอสายพันธุ์แขกดำให้มีคุณภาพผลดีและสม่ำเสมอขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

นำมะละกอพันธุ์แขกดำที่ได้จากแปลงปลูกของเกษตรกรจากแหล่งปลูกต่าง ๆ จำนวน 7 สายพันธุ์ โดยแขกดำ No.1-No.4 มาจากแปลงเกษตรกร จังหวัดนครปฐม แขกดำ No.5 และ No.6 มาจากจังหวัดราชบุรี และแขกดำ No.7 มาจากจังหวัดระยอง นำเมล็ดมาเพาะและย้ายลงแปลงปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 45 วัน ระยะปลูก 2.0 × 2.5 เมตรแบบยกร่อง ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ให้น้ำแบบ sprinklerเมื่อมะละกอเริ่มออกดอกและติดผล บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ดังนี้ ความสูงของดอกแรก (เซนติเมตร) โดยวัดจากโคนต้นระดับผิวดินจนถึงดอกแรก จำนวนข้อที่เกิดดอกแรก โดยนับจำนวนข้อจากโคนต้นจนถึงดอกแรกความสูงของผลแรก (เซนติเมตร)วัดจากโคนต้นจนถึงข้อที่ติดผลแรกและจำนวนข้อที่ติดผลแรก โดยนับจำนวนข้อจากโคนต้นจนถึงผลแรกที่ติดเมื่อมะละกอเริ่มสุก เก็บผลมะละกอจากต้นสมบูรณ์เพศที่ได้รับการคลุมดอกที่ระยะการพัฒนาสีผิวเหลืองส้มประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของผิวผล นำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจนผลพัฒนาสีผิวเหลือง 100% จึงวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพผล ดังนี้ น้ำหนักผลเฉลี่ย (กิโลกรัม)ความยาวผล (เซนติเมตร) จากปลายผลจนถึงขั้วผล จากนั้นผ่าตรงกลางผลตามขวาง วัดความกว้างผลส่วนที่กว้างที่สุด (เซนติเมตร) วัดความหนาเนื้อเฉลี่ย (เซนติเมตร) จากส่วนที่หนาที่สุดและส่วนบางที่สุดวัดความแน่นเนื้อ(กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางหัววัด 1.2 เซนติเมตร และวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(% Brix) โดยใช้น้ำคั้นจากผลมะละกอจากส่วนกลางผล หยดลงบน pocket digital refractometer จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลการเจริญเติบโตและคุณภาพผล โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโต: มะละกอแขกดำทั้ง7 สายพันธุ์ที่รวบรวมได้จากแปลงเกษตรกร มีการเจริญเติบโตส่วนใหญ่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยความสูงจากพื้นดินถึงดอกแรก พบว่า แขกดำ No.5 และ No.7 ติดดอกแรกที่ความสูงต่ำที่สุด (69 เซนติเมตร) รองลงมาคือแขกดำ No.2 No.3 No.4 และ No.1 ตามลำดับ ส่วนแขกดำ No.6 มีความสูงดอกแรกสูงมากที่สุด (109 เซนติเมตร) ส่วนจำนวนข้อเมื่อออกดอกแรกพบว่าแต่ละสายพันธุ์ติดดอกแรกในข้อที่ไม่แตกต่างกัน โดยเฉลี่ยติดดอกข้อที่ 29 การติดผลแรกพบว่าแขกดำ No.4 และ No.3 ติดผลแรกที่ความสูงต่ำที่สุด (111 และ 112 เซนติเมตรตามลำดับ) รองลงมาคือ แขกดำ No.5 No.7 No.2 และ No.1 ตามลำดับ ในขณะที่แขกดำ No.6 ติดผลแรกเมื่อต้นสูงมาก (178 เซนติเมตร) ส่วนจำนวนข้อเมื่อติดผลแรกพบว่า แขกดำ No.7 ติดผลแรกในข้อต่ำที่สุด (ข้อที่ 41) รองลงมาคือ แขกดำ No.4 No.3 No.5 No.2 และ No.1 ตามลำดับ ในขณะที่ แขกดำ No.6 ติดผลแรกในระดับข้อที่สูงมาก (ข้อที่ 57) (Table 1)

คุณภาพผล: มะละกอแขกดำแต่ละสายพันธุ์มีคุณภาพผลแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) ดังนี้

น้ำหนักผล มีค่าระหว่าง 1.07-2.12 กิโลกรัม โดยแขกดำ No.6 และ No.7 มีน้ำหนักผลมากที่สุดรองลงมาคือ แขกดำ No.3 No.4 และ No.2 ส่วนแขกดำ No.1 และ No.5 มีน้ำหนักผลน้อยที่สุด

ความยาวผล มีค่าระหว่าง 29.00 - 41.58 เซนติเมตร โดยแขกดำ No.6 มีความยาวผลมากที่สุด รองลงมา คือ แขกดำ No.7 No.2 และ No.3 ส่วนแขกดำ No.4 No.5 และ No.1 มีความยาวผลน้อยที่สุด

ความกว้างผลมีค่าระหว่าง 8.39-11.46เซนติเมตร โดยแขกดำ No.6 และ No.2มีความกว้างผลมากที่สุด รองลงมาคือแขกดำ No.7 No.3 No.4 และ No.1 ส่วนแขกดำ No.5 มีความกว้างผลน้อยที่สุด

ความหนาเนื้อมีค่าระหว่าง 2.54-3.03 เซนติเมตร โดยแขกดำ No.7 มีความหนาเนื้อมากที่สุด รองลงมาคือ แขกดำ No.6No.2 No.4 และ No.1ส่วนแขกดำ No.5 และ No.3 มีความหนาเนื้อน้อยที่สุด

ความแน่นเนื้อมีค่าระหว่าง 0.72-2.04 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรโดยแขกดำ No.7 มีความแน่นเนื้อมากที่สุด รองลงมาคือ แขกดำ No.1 No.2 No.4 No.3 และ No.6 ส่วนแขกดำ No.5 มีความแน่นเนื้อน้อยที่สุด

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าระหว่าง 8.54-11.56°Brix โดยแขกดำ No.1 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด รองลงมาคือ แขกดำ No.2No.5 No.3 No.4 และ No.6 ส่วนแขกดำ No.7 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของมะละกอแขกดำทั้ง 7 สายพันธุ์ ที่รวบรวมจากแปลงเกษตรกรจากแหล่งปลูกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดทั้งลักษณะการเจริญเติบโตของต้นและคุณภาพผลแสดงว่ามะละกอสายพันธุ์แขกดำที่เกษตรกรปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันนั้นมีความผันแปรของสายพันธุ์ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกษตรกรนิยมเก็บเมล็ดเองโดยไม่มีการควบคุมการผสมเกสร ประกอบกับอาจมีการปลูกหลายพันธุ์รวมกันหรือพื้นที่ใกล้เคียงปลูกต่างพันธุ์กัน ทำให้มะละกอซึ่งเป็นพืชผสมข้าม เกิดการผสมข้ามพันธุ์ได้ เมื่อเกษตรกรเก็บเมล็ดปลูกต่อๆ กันมา จึงเกิดการผันแปรของสายพันธุ์ ส่งผลให้คุณภาพผลเปลี่ยนไปและไม่มีความสม่ำเสมอ จึงควรมีการดำเนินการคัดเลือกพันธุ์มะละกอแขกดำสายพันธุ์ใหม่เพื่อให้มีความคงตัวทางพันธุกรรมมากขึ้น คุณภาพผลดีและสม่ำเสมอขึ้น

เมื่อพิจาณาข้อมูลในลักษณะความสูงและจำนวนข้อของการเกิดดอกแรกและผลแรก พบว่า แขกดำ No.3 No.4 และ No.7 ติดผลแรกในระดับเตี้ยและตรงตำแหน่งข้อต่ำกว่าสายพันธุ์อื่น ๆแสดงว่าแขกดำ 2 สายพันธุ์นี้มีแนวโน้มที่จะติดผลในขณะที่ต้นยังเตี้ยอยู่ ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลได้ในขณะที่ต้นยังไม่สูง ทำงานได้สะดวก ซึ่งเป็นลักษณะที่ดีสามารถนำไปใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ ในขณะที่แขกดำ No.6 เป็นสายพันธุ์ที่ออกดอกติดผลเมื่อต้นสูงและติดผลที่จำนวนข้อที่สูงกว่า แสดงว่าแขกดำ No.6 มีการร่วงของดอกชุดแรกนาน และติดผลในขณะที่ต้นสูง ทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ยาก ส่วนแขกดำ No.5 ถึงแม้ว่าจะติดดอก ออกผลในระดับเตี้ย แต่การเจริญเติบโตทางลำต้นและผลมีความผิดปกติ

เมื่อพิจารณาคุณภาพผลพบว่าแขกดำ No.1No.2 No.3 No.4 No.6 และ No.7เหมาะสำหรับนำมาใช้คัดเลือกพันธุ์เพื่อแปรรูปเนื่องจากมีผลขนาดใหญ่ เนื้อหนาและเนื้อแน่น ตรงกับความต้องการของโรงงานแปรรูปมะละกอ (สิริกุล, 2542) โดยเฉพาะ No.7 นอกจากจะมีคุณภาพผลตรงกับความต้องการของโรงงานแปรรูปมะละกอแล้วยังมีการออกดอกติดผลเร็วอีกด้วย ส่วนแขกดำ No.1 No.2 No.3 และ No.4 เป็นสายพันธุ์ที่ผลมีขนาดกลาง เนื้อหนา เนื้อแน่น และมีรสชาติหวาน โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่า 10% Brix เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการคัดเลือกพันธุ์เพื่อรับประทานผลสุกสอดคล้องกับ สิริกุล (2542) รายงานว่า ลักษณะผลมะละกอสำหรับตลาดบริโภคสุกภายในประเทศ คือ ผลมีขนาดปานกลาง ผลยาว เนื้อสีแดง เนื้อหนา แน่น และมีรสหวาน

สรุปผล

มะละกอแขกดำที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันมีความผันแปรของสายพันธุ์จึงควรมีการคัดเลือกพันธุ์มะละกอแขกดำสายพันธุ์ใหม่เพื่อให้มีความคงตัวทางพันธุกรรมมากขึ้น คุณภาพผลดีและสม่ำเสมอขึ้น โดยสายพันธุ์แขกดำที่เหมาะสำหรับนำมาคัดเลือกพันธุ์เพื่อรับประทานผลสุกคือแขกดำ No.1No.2 No.3 และ No.4เนื่องจากผลขนาดกลางเนื้อหนา แน่นและหวานส่วนแขกดำ No.7 เหมาะสำหรับนำมาคัดเลือกพันธุ์เพื่อแปรรูป เนื่องจากผลขนาดใหญ่ เนื้อหนาและแน่น

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัยและภาควิชาพืชสวนคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สิริกุล วะสี, 2542,มะละกอ เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ โครงการการแก้ปัญหามะละกอเพื่อเพิ่มผลผลิตที่มีคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลไม้กระป๋องเพื่อส่งออก,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ, 45 หน้า.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2552, มะละกอไทย สถานภาพด้านสายพันธุ์ ระบบการผลิตและการตลาด,สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ, 136 หน้า.

Table 1 Mean and SD of plant growth of 7 'Khaek Dam' papaya varieties

Accessions	Height to first flower (cm)	Number of node to first flower	Height to first fruit(cm)	Number of node to first fruit
KhaekDam No.1	92.79 ± 8.79	29 ± 2	143.43 ± 29.32	49 ± 11
KhaekDamNo.2	83.00 ± 13.08	27 ± 2	132.33 ± 33.26	48 ± 10
KhaekDamNo.3	86.73 ± 10.56	28 ± 2	111.64 ± 28.49	45 ± 9.0
KhaekDamNo.4	87.10 ± 6.87	27 ± 3	110.86 ± 18.38	42 ± 12
KhaekDamNo.5	69.00 ± 10.33	29 ± 2	119.43 ± 18.10	48 ± 6.0
KhaekDamNo.6	109.38 ± 23.97	32 ± 11	177.71 ± 44.83	57 ± 11
KhaekDamNo.7	69.67 ± 7.39	27 ± 1	123.36 ± 23.43	41±8.0
Means ± SD	89.00 ± 18.49	29 ± 6	131.11 ± 36.12	47 ± 11
P value	< 0.01	0.41	< 0.01	< 0.01
$LSD_{0.05}$	14.53	5.77	26.64	9.05

Table 2 Mean and SD of fruit quality of 7 'Khaek Dam' papaya varieties

Accessions	Fruit weight (kg)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Flesh thickness (cm)	Firmness (kg/cm^2)	SS (ºBrix)
KhaekDam No.1	1.28 ± 0.37	29.00 ± 2.99	9.96 ± 0.82	2.66 ± 0.29	1.32 ± 0.81	11.56 ± 0.87
KhaekDamNo.2	1.51 ± 0.51	33.65 ± 3.75	10.73 ± 1.11	2.86 ± 0.32	1.28 ± 0.27	11.24 ± 1.39
KhaekDamNo.3	1.70 ± 0.42	31.65 ± 1.59	10.20 ± 1.35	2.54 ± 0.30	1.04 ± 0.24	10.27 ± 1.24
KhaekDamNo.4	1.58 ± 0.46	30.08 ± 3.02	10.15 ± 1.32	2.66 ± 0.28	1.17 ± 0.32	10.21 ± 1.17
KhaekDamNo.5	1.07 ± 0.46	30.00 ± 4.69	8.39 ± 1.12	2.57 ± 0.41	0.72 ± 0.30	10.62 ± 1.12
KhaekDamNo.6	2.12 ± 0.63	41.58 ± 4.04	11.46 ± 1.00	2.90 ± 0.31	1.02 ± 0.31	9.27 ± 0.88
KhaekDamNo.7	2.00 ± 0.46	35.39 ± 2.85	10.49 ± 1.10	3.03 ± 0.25	2.05 ± 0.58	8.54 ± 0.96
Means ± SD	1.60 ± 0.58	33.21 ± 5.26	10.2 9± 1.34	2.75 ± 0.34	1.23 ± 0.60	10.22±1.45
P value	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
$LSD_{0.05}$	0.31	2.73	0.94	0.25	0.30	0.72

ผลของการตัดแต่งกิ่งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเปราะพันธุ์เพชรน้ำหยด

Effect of Pruning on Growth and Yield of Eggplant (*Solanum melongena* L.) cv. Phetnumyod

ธนา จำนงค์ศาสตร์[1] นิราภร แซ่ย่าง[1] และ กฤษณา บุญศิริ[1]

Jumnongsart, T [1], L Saeyang, N .[1] and Boonsiri K .[1]

Abstract

Effect of pruning on growth and yield of eggplant cv. Phetnumyod was studied. Experimantal design was RCBD with 4 treatments and 4 replications. Plants were pruned between first to tenth node to left 2, 3, 4 branches /plant and natural form with no pruning as control. The results showed that the growth of eggplant plant with pruning were not different with control plant in both plant height and width. The highest total yield in first month (978.75 gm.) and second month (2318.75) were obtained from plants with 2 branches while eggplant with 4 branches gave the lowest yield in first month. Total fruit yield from plant with 3 and 4 branches did not differ from plant without pruning in second month of harvest. For the third month of harvest, pruning was not effect total fruit weight.

Keywords: eggplant, pruning

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการตัดแต่งกิ่งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเปราะพันธุ์เพชรน้ำหยด วางแผนการทดลองแบบ RCBD (randomized complete block design) มี 4 สิ่งทดลอง 4 ซ้ำ โดยการตัดกิ่งข้างของลำต้น บริเวณข้อที่ 1-10 ให้มี 2 กิ่ง/ต้น 3 กิ่ง/ต้น 4 กิ่ง/ต้น และไม่มีการตัดแต่งกิ่ง เป็นสิ่งทดลองควบคุม ผลการทดลองพบว่า การเจริญเติบโตของต้นมะเขือเปราะทั้งทางด้านความสูงและความกว้างของทรงพุ่มต้นในต้นมะเขือเปราะที่มีการตัดแต่งกิ่ง ไม่แตกต่างจากต้นที่ไม่มีการตัดแต่งกิ่ง ส่วนผลผลิตพบว่า น้ำหนักผลมะเขือที่ได้จากต้นมะเขือเปราะที่มี 2 กิ่ง/ต้น มีน้ำหนักมากที่สุด ในเดือนแรก (978.75 กรัม) และเดือนที่สอง (2318.75 กรัม) ส่วนน้ำหนักผลมะเขือที่ได้จากต้นมะเขือเปราะที่มี 4 กิ่ง/ต้น มีน้ำหนักน้อยที่สุดในเดือนแรก สำหรับในเดือนที่สองน้ำหนักของผลมะเขือที่ได้จากต้นที่มี 3 กิ่ง/ต้น และ 4 กิ่ง/ต้น ไม่แตกต่างจากน้ำหนักผลที่ได้จากต้นมะเขือที่ไม่มีการตัดแต่งกิ่ง ส่วนในเดือนที่สาม พบว่าการตัดแต่งกิ่งไม่มีผลต่อผลผลิต

คำสำคัญ: มะเขือเปราะ การตัดแต่งกิ่ง

คำนำ

มะเขือเปราะ (*Solanum melongena* L.) เป็นผักที่ใช้รับประทานผล มีอายุได้หลายปี เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วน และต้องการแสงแดดเต็มที่ตลอดทั้งวัน ลักษณะทรงพุ่มต้นสูง 2-4 ฟุต ใบเดี่ยวมีขนาดใหญ่ ขอบใบเว้าหยักเป็นแฉก หลายแฉก ปลายใบแหลม เรียงตัวแบบสลับ ดอกเป็นดอกเดี่ยว ขนาดใหญ่ สีขาวหรือสีม่วง เป็นดอกสมบูรณ์เพศ (วินัย, 2550) ผลมีรูปร่างกลมแป้น ผิวผลสีขาวปนเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง สามารถรับประทานเป็นผักสดจิ้มน้ำพริก และใช้ปรุงอาหารได้หลายอย่าง (นิดดา และคณะ, 2550) การเจริญเติบโตของพืชจะขึ้นอยู่กับขนาดของพืชที่จะรับแสงให้มีประสิทธิภาพ ในการเติบโตระยะแรกใบของพืชซึ่งทำหน้าที่ในการรับแสง อาจได้รับแสงอย่างเต็มที่ ต่อมาเมื่อพืชมีการเจริญเติบโตมากขึ้นมีการแตกกิ่งก้านเพิ่มขึ้น มีการบังแสงระหว่างใบภายในต้นเดียวกันมากขึ้น (ชวนพิศ, 2544) การตัดแต่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้ใบพืชได้รับแสงเต็มที่ นอกจากนั้นการตัดแต่งกิ่งยังมีประโยชน์หลายประการ คือ ทำให้ต้นไม้มีรูปทรงดีตามต้องการและเป็นระเบียบสวยงาม ทำให้ต้นไม้ผลให้ผลผลิตสูงและสม่ำเสมอ ทำให้เกิดสมดุลระหว่างส่วนรากกับส่วนต้น ทำให้ผลไม้ที่ผลิตมีคุณภาพดีและช่วยควบคุมโรคและแมลงศัตรูไม้ผล (กวิศร์, 2546) ในปัจจุบันมีการตัดแต่งกิ่งในมะเขือเทศและพริก เพื่อเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงคุณภาพขอองผลผลิต (อรพรรณ, 2553) ต้นมะเขือม่วงที่ควบคุมให้มี 1 ยอดและมีผล 2 ผลต่อข้อ ให้น้ำหนักผลผลิตไม่แตกต่างจากต้นที่ตัดให้มี 2 ยอดและมี 1 ผลต่อข้อ (Ambroszczyk และคณะ, 2007) ส่วนต้นมะเขือที่ปลูกในโรงเรือนควบคุมให้มี 2 3 และ 4 ยอดต่อต้น ให้ผลผลิตรวมสูงกว่าต้นมะเขือที่มี 1 5 6 ยอดต่อต้น และต้นที่ไม่ได้ตัดแต่งกิ่ง (Buczkowska,

[1] **วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครสวรรค์ อ. เมือง จ. นครสวรรค์ 60000**

[1] Nakhonsawan College of Agriculture and Technology Ampore Muang Nakhonsawan 60000

2010) สำหรับต้นมะเขือที่มี 2 ยอดต่อต้น ยอดที่สองที่แตกมาจากข้อที่หกให้ผลผลิตรวมสูงกว่ายอดที่สองที่มาจากข้อที่หนึ่ง สามและเก้า (Ambroszczyk และคณะ, 2008a) การทดลองนี้จึงศึกษาผลของการตัดแต่งกิ่งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเปราะพันธุ์เพชรน้ำหยด

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของการตัดแต่งกิ่งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเปราะพันธุ์เพชรน้ำหยด วางแผนการทดลองแบบ RCBD (randomized complete block design) มี 4 สิ่งทดลอง และ 4 ซ้ำ โดยปลูกต้นมะเขือเปราะพันธุ์เพชรน้ำหยด ที่มีอายุ 45 วัน ความสูงเฉลี่ย 20-22 เซนติเมตร ลงในแปลงขนาด กว้าง 1 เมตร ยาว 2.5 เมตร จำนวน 16 แปลง โดยมี 5 ต้นต่อแปลง หลังจากปลูก 15 วัน ตัดกิ่งข้างที่ลำต้นบริเวณข้อที่ 1-10 ให้มี 2 กิ่งต่อต้น 3 กิ่งต่อต้น 4 กิ่งต่อต้น และไม่มีการตัดกิ่ง เป็นสิ่งทดลองควบคุม การดูแลรักษาใส่ปุ๋ย 15-15-15- อัตรา 10 กรัมต่อต้น ทุก 15 วัน บันทึกความสูง ความกว้างของทรงพุ่มต้น และน้ำหนักผลผลิต โดยเก็บผลผลิตทุกอาทิตย์ๆละ 1 ครั้ง ในการศึกษาคุณภาพของผลผลิต นับผลผลิตในสองอาทิตย์สุดท้ายเดือนที่สาม ตามขนาดโดยให้ผลขนาดใหญ่มีความกว้างประมาณ 52.00-57.00 ซม. ความสูงประมาณ 58.00 – 64.00 ซม. ผลขนาดกลาง มีความกว้างประมาณ 44.00 – 46.00 ซม. ความสูง ประมาณ 51.00 – 55.00 ซม. และผลขนาดเล็ก ความกว้างประมาณ 36.00 – 39.00 ซม. ความสูง 44.00 – 46.00 ซม.

ผลการทดลอง

ต้นมะเขือเปราะที่ควบคุมให้มี 2 3 และ 4 กิ่งต่อต้นมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากต้มมะเขือเปราะที่ไม่ได้มีการตัดแต่งกิ่ง ทั้งด้านความสูง (Table 1) และความกว้างของต้น (Table 2) ในระยะ 60 วันหลังจากปลูก ต้นมะเขือที่ไม่ได้ตัดแต่งกิ่งมีการแตกตาข้างจำนวน 5 - 6 กิ่งต่อต้น ผลผลิตมะเขือเปราะเริ่มเก็บเกี่ยวเมื่อต้นมะเขือมีอายุได้ 35 วันหลังจากปลูก พบว่าน้ำหนักผลผลิตรวมในเดือนแรกของการเก็บเกี่ยว ต้นมะเขือที่มี 2 กิ่งต่อต้นให้ผลผลิตมะเขือมากที่สุด 978.75 กรัม และไม่แตกต่างจากต้นมะเขือที่ไม่มีการตัดแต่งกิ่ง ส่วนต้นมะเขือที่มี 4 กิ่งต่อต้นให้น้ำหนักผลมะเขือน้อยที่สุด ในเดือนที่สองต้นมะเขือที่มี 2 กิ่งต่อต้นให้น้ำหนักผลมะเขือมากที่สุด ส่วนต้นมะเขือที่มีจำนวน 3 และ 4 กิ่งต่อต้นให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากต้นมะเขือที่ไม่มีการตัดแต่งกิ่ง ในเดือนที่สามพบว่าต้นที่มี 2 กิ่งต่อต้นยังคงให้ผลผลิตสูงแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นที่มี 3 และ 4 กิ่งต่อต้นและต้นที่ไม่ได้ตัดแต่งกิ่ง (Table 3) เมื่อนำผลผลิตในเดือนที่สามมาจำแนกตามขนาด พบว่าต้นมะเขือเปราะที่มี 2 กิ่งต่อต้นมีให้ผลผลิตขนาดใหญ่มากกว่าและมีจำนวนผลขนาดเล็กน้อยกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ (Table 4)

วิจารณ์ผล

การตัดแต่งกิ่งไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเปราะทั้งด้านความสูงและความกว้างของทรงพุ่มต้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sultana (2006) ที่พบว่าต้นมะเขือม่วงที่ตัดแต่งตาข้างมีความสูงต้นไม่แตกต่างจากต้นที่ไม่ตัดแต่งตาข้าง การมีจำนวนกิ่งมากทำให้เกิดร่มเงา ส่งผลลดปริมาณแสงที่พืชสามารถใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthetically active radiation) (Ambroszczyk และคณะ, 2008b) และตามปกติออกดอกของต้นมะเขือเปราะออกดอกที่ข้อของกิ่ง ทำให้ต้นมะเขือเปราะที่มี 2 กิ่งต่อต้นซึ่งมีแนวโน้มการเพิ่มความกว้างของทรงพุ่มต้นที่มากกว่า มีผลผลิตที่สูงในเดือนที่หนึ่งและสองของการเก็บเกี่ยว ส่วนในเดือนที่สามการเจริญทางด้านกิ่งใบที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ผลิตไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อนำผลผลิตมาแยกตามขนาดพบว่า ต้นมะเขือเปราะที่มี 2 กิ่งต่อต้นให้จำนวนผลขนาดใหญ่มากกว่าต้นที่มี 3 กิ่งต่อต้น 4 กิ่งต่อต้นและต้นที่ไม่ได้ตัดแต่งกิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sultana (2006) ที่พบว่าการตัดกิ่งข้างไม่มีผลต่อจำนวนผลต่อต้น แต่ต้นที่ตัดกิ่งข้างให้ผลขนาดใหญ่กว่าต้นที่ไม่ได้ตัดกิ่งข้าง

สรุปผล

1. ต้นมะเขือเปราะพันธุ์เพชรน้ำหยดที่ตัดแต่งกิ่งให้มี 2 กิ่งต่อต้น 3 กิ่งต่อต้นและ 4 กิ่งต่อต้น มีความสูงและความกว้างของต้นไม่แตกต่างจากต้นมะเขือเปราะที่ไม่ได้รับการตัดแต่งกิ่ง
2. ต้นมะเขือเปราะที่ตัดแต่งกิ่งให้มี 2 กิ่งต่อต้น ให้น้ำหนักผลผลิตมากที่สุดในเดือนแรกและเดือนที่สองของการเก็บเกี่ยว

เอกสารอ้างอิง

กวิศร์ วานิชกุล, 2546, การจัดทรงต้นและการตัดแต่งไม้ผล, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 213 หน้า

ชวนพิศ แดงสวัสดิ์, 2544, สรีรวิทยาของพืช, ภาควิชาชีววิทยา สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์, 378 หน้า

นิดดา หงษ์วิวัฒน์, ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์ และสุภาพรรณ เยี่ยมชัยภูมิ, 2550, ผัก 333 ชนิดคุณค่าอาหารและการกิน, สำนักพิมพ์แสงแดด, กรุงเทพฯ 320 หน้า

วินัย สมประสงค์, 2550, ความหลากหลายของพืชพื้นเมืองในประเทศไทย ชุดที่ 1 พืชสกุลมะเขือ, กองคุ้มครองพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ 50 หน้า

อรพรรณ วิเศษสังข์, 2553, ข้อควรระวังในการตัดแต่งกิ่งพืชผักกินผล, เคหการเกษตร, 34: 141-143

Ambroszczyk, A.M., Cebula, S. and Sekara, A., 2007, The effect of plant pruning on yield and fruit quality of eggplant (*Solanum melongena* L.) in greenhouse cultivation, Horticulture, Environment and Biotechnology, 48(5): 277-285

Ambroszczyk, A.M., Cebula, S. and Sekara, A., 2008a, The effect of shoot training on yield, fruit quality and leaf chemical composition of eggplant in greenhouse cultivation, Folia Horticulturae, 20/2: 3-15

Ambroszczyk, A.M., Cebula, S.and A. Sekara, 2008b, The effect of plant pruning on the light conditions and vegetative development of eggplant (*Solamun melongena* L.) greenhouse cultivation. Vegetable Crops Research Bulletin, 68: 57-70

Buczkowska, H., 2010, Effect of plant pruning and topping on yielding of eggplant in unheated foil tunnel. Hortorum caltus, 9(3) : 105-115

Sultana, K.R., 2006, Effect of spacing and bud pruning on the growth and yield of brinjal (*Solanum melongena* L.), M.S. Thesis, Sher-E-Bangla Agricultural University, Dhaka

Table 1 Plant height (cm.) of eggplant at 15, 30 45 and 60 days after planting as affected by pruning

Treatment	Plant height (cm.)			
	15 days	30 days	45 days	60 days
2 branches	30.47	38.30	48.01	65.03
3 branches	29.51	38.01	44.48	60.04
4 branches	28.33	35.92	47.33	58.28
control	28.75	36.91	48.77	60.31
F test	ns	ns	ns	ns
c.v. (%)	8.07	8.30	6.84	5.33

Table 2 Plant width (cm.) of eggplant at 30 45 60 and 75 days after planting as affected by pruning

Treatment	Plant width (cm.)			
	30 days	45 days	60 days	75 days
2 branches	48.01	56.44	88.14	114.35
3 branches	44.48	52.59	83.49	103.73
4 branches	47.33	52.54	82.12	103.50
control	48.77	52.95	78.21	102.92
F test	ns	ns	ns	ns
cv. (%)	8.26	8.28	8.50	7.74

Table 3 Weight total yield (g) of eggplant in 3 month of harvest as affected by pruning

Treatment	Total yield (g)		
	First month	Second month	Third month
2 branches	978.75 a	2318.75 a	2036.25
3 branches	777.50 bc	1715.00 b	1793.75
4 branches	726.25 c	1652.50 b	1686.25
control	935.00 ab	1745.00 b	1763.50
F test	*	*	ns
cv. (%)	13.94	13.97	9.60

Mean in the column followed by the same letter are not significant different at p ≤ 0.05 by Least Significant Different

Table 4 Effect of plant pruning on fruit size

Treatment	Number of fruit		
	Big size	Medium size	Small size
2 branches	9.00 a	5.75	3.25 c
3 branches	5.50 b	7.25	3.75 bc
4 branches	5.25 b	6.00	6.50 a
control	5.75 b	8.00	5.75 ab
F test	*	ns	*
cv. (%)	24.66	35.76	30.64

Mean in the column followed by the same letter are not significant different at p ≤ 0.05 by Least Significant Different

ผลของการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งถั่วหรั่งต่อคุณภาพของบะหมี่
Effect of Partial Substitution of Wheat flour with Bambara Groundnut Flour on Qualities of Noodles

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์[1]
Ekthamasut, K.[1]

Abstract

This study investigated the effects of using bambara groundnut flour (BGF) as partial substitution of wheat flour in noodles making with substitution levels of 0 (control), 10, 20 and 30%. The increase of substitution level increased a* value, cooking weight, cooking loss and cutting force but decreased b*value of cooked noodles ($p<0.05$). The noodle containing BGF had higher moisture, ash, fat and protein than the control but less carbohydrate ($p<0.05$). The sensory results showed that a 10% substitution level did not have any significant effect on texture and taste as compared to the control, but had higher scores in color and overall acceptability ($p<0.05$).

Keywords: Bambara groundnut flour, noodles

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้แป้งถั่วหรั่งทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในบะหมี่ที่ระดับการทดแทน 0 (สูตรควบคุม), 10, 20 และ 30% พบว่าเมื่อปริมาณการทดแทนเพิ่มขึ้นบะหมี่หลังลวกจะมีค่า a*, cooking weight, cooking loss และ cutting force เพิ่มสูงขึ้น แต่ค่า b* ลดต่ำลง ($p<0.05$) รวมทั้งบะหมี่ที่มีแป้งถั่วหรั่งจะมีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน และโปรตีนสูงกว่าสูตรควบคุม แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า ($p<0.05$) และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ที่ระดับการทดแทน 10% จะไม่มีความแตกต่างในด้านเนื้อสัมผัส และรสชาติเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ($p>0.05$) แต่จะมีคะแนนด้านสี และความชอบโดยรวมสูงกว่า ($p<0.05$)

คำสำคัญ: แป้งถั่วหรั่ง บะหมี่

คำนำ

ถั่วหรั่ง (bambara groundnut) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Voandzeia subteranea* หรือ *Vigna subterranea* เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย และมีชื่อท้องถิ่นหลายชื่อ ได้แก่ ถั่วปันหยี ถั่วไทร ถั่วบู ถั่วโบ หรือกาแจโป เกษตรกรนิยมปลูกในระบบการปลูกพืชร่วมกับยางพาราและไม้ผล เนื่องจากเพาะปลูกง่ายและให้ผลผลิตสูง ถั่วหรั่งเมล็ดแก่สามารถนำมาบดเป็นแป้งได้ ซึ่งแป้งถั่วหรั่งมีความสมดุลทางโภชนาการสูง (Olaleke และคณะ 2006) โดยมีปริมาณโปรตีน 18.3-22.1% เถ้า 0.6-4.4% เส้นใยอาหาร 0.8-5.2% ไขมัน 1.2-6.6% และคาร์โบไฮเดรต 55.6-67.1% (Adebowale และคณะ, 2002; Amarteifio และ Moholo 1998; Fasoyiro และคณะ, 2006) จึงเหมาะแก่การนำมาศึกษาและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการประยุกต์ใช้แป้งถั่วหรั่งกับผลิตภัณฑ์อาหารบางประเภท เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว คุกกี้ และขนมปัง เป็นต้น (กมลทิพย์, 2556; Akpapunam และ Darbe,1994; Alozie และคณะ, 2009) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้แป้งถั่วหรั่งทดแทนแป้งสาลีบางส่วนต่อคุณภาพของบะหมี่ในด้านต่างๆ ทั้งทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400
[1] Department of Food Science and Technology, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, 10400

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบและสารเคมี

แป้งสาลีเอนกประสงค์ (ตราว่าว) แป้งถั่วหรั่ง (Bambara groundnut flour; BGF) ที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ (กมลทิพย์, 2556) เกลือ (ปรุงทิพย์) และโซเดียมคาร์บอเนต (Carlo Erba, Germany)

การเตรียมบะหมี่

นำแป้งถั่วหรั่งมาทดแทนแป้งสาลีที่อัตราการทดแทน 0 (สูตรควบคุม), 10, 20 และ 30% ของแป้งสาลี และนำไปผลิตเป็นเส้นบะหมี่ โดยผสมแป้ง 1,000 กรัม น้ำ 450 กรัม เกลือ 10 กรัม และโซเดียมคาร์บอเนต 15 กรัมเข้าด้วยกัน ทำการนวดส่วนผสมด้วยมือจนได้โดที่ยืดหยุ่นและแป้งไม่ติดมือ นำก้อนแป้งที่ได้เข้าเครื่องรีดบะหมี่ (Marcato, Marcato S.p.A., Italy) โดยรีดให้เป็นแผ่นแป้งบางๆ แล้วจึงรีดตัดเป็นเส้นบะหมี่ ขณะตัดให้โรยแป้งสาลีบนเส้นบะหมี่เพื่อไม่ให้เส้นบะหมี่ติดกัน จัดเส้นเป็นก้อนทิ้งไว้ประมาณ 30 นาทีบรรจุใส่ถุง PP และเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C

การทดสอบคุณภาพของบะหมี่

ค่าสี (color) ก่อนและหลังปรุงสุก โดยใช้เครื่อง Hunter Lab (Colorflex®)

น้ำหนักหลังปรุงสุก (Cooking weight) และน้ำหนักที่สูญหายระหว่างการปรุงสุก (Cooking loss) ปรับปรุงจากวิธีของ Baik และ Lee (2003) โดยนำบะหมี่ 10 กรัม ต้มในน้ำเดือด 150 มิลลิลิตร นาน 1.5 นาที เทน้ำออกโดยใช้ Bucher funnel นาน 3 นาที ชั่งน้ำหนักบะหมี่หลังปรุงสุก และนำน้ำที่เทได้ไประเหยจนแห้งและอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่ คำนวณค่าน้ำหนักหลังการปรุงสุกจากร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของบะหมี่หลังการต้มเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น และคำนวณค่าน้ำหนักที่สูญหายระหว่างการปรุงสุกจากร้อยละของน้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่จากน้ำที่ใช้ต้มเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นของบะหมี่

ค่าแรงตัดขาด (Cutting force) ของบะหมี่หลังปรุงสุกโดยใช้เครื่อง Lloyd texture analyzer (Model LRX, Lloyd instruments, Hampshire, UK.) ใช้หัวตัดขนาด 30 องศา และตั้งความเร็วของหัวตัดเท่ากับ 250 มิลลิเมตร/นาที บันทึกค่าแรงตัดสูงสุด

องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตตามวิธีใน AOAC (1990)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำการลวกบะหมี่ 10 กรัม ในน้ำเดือดนาน 1.5 นาที ล้างน้ำอุณหภูมิปกติ และเสิร์ฟพร้อมกับน้ำซุปภายในเวลา 5 นาทีหลังการลวก ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 40 คน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการทดสอบทางเคมีและกายภาพ และแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) โดยใช้คอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์โดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วหรั่งทำให้บะหมี่ก่อนลวกมีค่าสีทั้ง L* a* และ b* ต่ำกว่าสูตรควบคุม (Table 1) และบะหมี่หลังลวกจะมีค่าสี L* ที่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ในขณะที่ a* เพิ่มขึ้น และ b* ลดลง ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเติมแป้งถั่วหรั่งทำให้บะหมี่หลังลวกมีสีแดงมากขึ้นและมีสีเหลืองลดลง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้มากกว่าสู ตรควบคุม เพราะถั่วหรั่งมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งสาลี ซึ่งจากผลการทดลองของ Bejosano และ Corke (1998) พบว่าการผสมโปรตีนเข้มข้นในบะหมี่จีนปริมาณ 2% ทำให้บะหมี่ที่ได้มีสีเข้มขึ้น เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง และจาก table 2 พบว่า เมื่ออัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นค่า Cooking weight จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งถั่วหรั่งมีปริมาณโปรตีนและเส้นใยอาหารสูงกว่าแป้งสาลี จึงส่งผลให้มีค่าการอุ้มน้ำที่สูง ดังนั้นบะหมี่ที่มีการเติมแป้งถั่วหรั่งจึงมีค่า Cooking weight เพิ่มสูงขึ้นจากการอุ้มน้ำที่มากขึ้นนั่นเอง นอกจากนี้ยังพบว่าบะหมี่ที่ทำจากแป้งสาลีผสมแป้งถั่วหรั่งที่อัตราการทดแทน 10 และ 20% จะมีค่า Cooking loss และ Cutting force ที่ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (ทนแทน 0%) ในขณะที่การทดแทน 30% จะมีค่า Cooking loss และ Cutting force สูงกว่าสูตรควบคุม ($p<0.05$) แสดงว่าเมื่อมีแป้งถั่วหรั่งผสมมากขึ้น บะหมี่ที่ได้จะบวมน้ำและมีบางส่วนละลายน้ำไปมากขึ้น รวมถึงเส้นบะหมี่ที่ได้ก็แข็งขึ้นด้วย

Table 1 Effect of BGF substitution on colors of noodles

BGF substitution (%)	Raw noodles			Cooked noodles		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	64.81^{a}±0.34	2.22^{a}±0.20	23.21^{a}±0.19	60.74^{a}±0.16	0.03^{b}±0.13	21.64^{a}±0.16
10	64.36^{b}±0.08	0.61^{b}±0.11	22.26^{b}±0.20	61.02^{a}±0.23	0.41^{a}±0.66	20.86^{b}±0.23
20	64.39^{b}±0.07	0.76^{b}±0.07	22.15^{b}±0.11	61.78^{a}±0.11	0.49^{a}±0.66	20.34^{c}±0.11
30	62.91^{c}±0.14	0.85^{b}±0.18	21.44^{c}±0.18	59.28^{a}±0.17	0.55^{a}±0.34	19.66^{d}±0.17

$^{a, b, c,}$... Means within columns followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

Table 2 Cooking weight, cooking loss and cutting force of noodles containing BGF

BGF substitution (%)	Cooking weight (%)	Cooking loss (%)	Cutting force (N)
0	84.40^{d}±2.69	8.64^{b}±0.08	0.86^{b}±0.05
10	128.35^{c}±1.20	8.84^{b}±0.12	0.89^{b}±0.05
20	167.26^{b}±1.84	8.25^{b}±0.38	0.87^{b}±0.08
30	184.87^{a}±3.35	9.84^{a}±0.38	1.15^{a}±0.09

$^{a, b, c,}$... Means within columns followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

องค์ประกอบทางเคมีของบะหมี่ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วหรั่งแสดงดัง Table 3 ซึ่งจะพบว่า บะหมี่ที่ผสมแป้งถั่วหรั่งมีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน และโปรตีนสูงกว่าสูตรควบคุม แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า ($p<0.05$) และเมื่ออัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน และโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากแป้งถั่วหรั่งมีปริมาณสารดังกล่าวสูงกว่าแป้งสาลีนั่นเอง รวมทั้งแป้งถั่วหรั่งยังสามารถอุ้มน้ำได้ดี จึงทำให้ปริมาณความชื้นในบะหมี่สูตรที่มีการผสมแป้งถั่วหรั่งมีปริมาณความชื้นสูงกว่าสูตรควบคุม และจากการที่บะหมี่มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันจึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพของบะหมี่ในด้านต่างๆ

Table 3 Proximate composition of noodles containing BGF

Components	BGF substitution (%)			
	0	10	20	30
Moisture (%)	34.72^{c}±0.02	35.70^{bc}±0.08	36.63^{b}±0.07	39.53^{a}±0.06
Ash (% dry basis)	4.97^{d}±0.04	5.63^{c}±0.07	6.38^{b}±0.07	7.71^{a}±0.06
Crude fat (% dry basis)	0.74^{d}±0.02	1.69^{c}±0.03	2.33^{b}±0.04	2.81^{a}±0.05
Crude protein (% dry basis)	11.27^{d}±0.13	12.32^{c}±0.10	13.23^{b}±0.06	14.17^{a}±0.10
Total carbohydrate (% dry basis)	83.02^{a}±0.08	80.36^{b}±0.03	78.06^{c}±0.07	75.31^{d}±0.06

$^{a, b, c,}$... Means within columns followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของบะหมี่แสดงดัง Table 4 ซึ่งพบว่าบะหมี่ที่ผสมแป้งถั่วหรั่งที่อัตราการทดแทน 10% นั้นจะมีค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p>0.05$) และให้ค่าด้านสี และความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรควบคุม ($p<0.05$) แต่ถ้าผสมแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้น (ทดแทน 20 และ 30%) บะหมี่ที่ได้จะมีค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลงในทุกๆ ด้าน ทั้งนี้เนื่องจากสีของบะหมี่จะมีสีคล้ำขึ้น รวมถึงเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างแข็งกระด้าง ขาดความยืดหยุ่นจึงส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภค ดังนั้นในการผลิตบะหมี่จึงสามารถทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วหรั่งในปริมาณการทดแทนสูงสุดที่ 10% เพื่อที่จะได้บะหมี่ที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดีกว่าสูตรควบคุม

Table 4 Sensory evaluation of noodles containing BGF

BGF substitution (%)	Color	Taste	Texture	Overall acceptance
0	6.24[b]±0.07	6.36[a]±0.10	6.64[a]±0.70	6.60[b]±0.10
10	7.16[a]±0.05	6.84[a]±0.05	7.16[a]±0.09	7.20[a]±0.09
20	5.00[c]±0.02	4.88[b]±0.13	4.68[b]±0.10	4.60[c]±0.03
30	4.04[d]±0.03	4.04[c]±0.04	3.68[c]±.008	3.60[d]±0.08

[a, b, c,]… Means within columns followed by the same letter are not significant different at p>0.05 by DMRT.

สรุปผล

เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้น ทำให้บะหมี่หลังลวกมีค่า a* cooking weight cooking loss และ cutting force สูงกว่าสูตรควบคุม (ทดแทน 0%) ในขณะที่ค่า b* ลดต่ำลง ($p<0.05$) รวมทั้งทำให้บะหมี่มีปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน และโปรตีนสูงกว่าสูตรควบคุม ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งถั่วหรั่ง 10% บะหมี่จะได้รับคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบชิมสูงกว่าสูตรควบคุม ($p<0.05$)

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ปี พ.ศ. 2553

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์, 2556, ผลของการผสมแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งถั่วหรั่งต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 33(2): 114-124.

Adebowale, K.O., Afolabi, T.A. and Lawal, O.S., 2002, Isolation, Chemical Modification and Physicochemical Characterization of Bambarra Groundnut (*Voandzeia subterranean*) Starch and Flour. Food Chemistry. 78: 305-311.

Akpapunam, M.A. and Darbe, J.W., 1994, Chemistry composition and functional properties of blends of maize and bambara groundnut flours for cookie production, Plant Foods for Human Nutrition, 46: 147-155.

Alozie, Y.E., Iyam, M.A., Lawal, O., Udofiaand, U. and Ani, I.F., 2009, Utilization of bambara groundnut flour blends in bread production, Journal of Food Technology, 7(4): 111-114.

Amarteifio, J.O., and Moholo, D., 1998, The chemical composition of four legumes consumed in Botswana, Journal of Food Composition and Analysis, 11: 329-332.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis, 15th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Baik, B.K. and Lee, M.R., 2003, Effects of starch amylose content of wheat on textural properties of white salted noodles, Cereal Chemistry, 80: 304-309.

Bejosano, F.P. and Corke, H., 1998, Effect of amaranthus and buckwheat proteins on wheat dough properties and noodles quality, Cereal Chemistry, 75: 171-176.

Fasoyiro, S.B., Ajibade, S.R., Omole, A.J., Adeniyan, O.N. and Farinde, E.O., 2006, Proximate, minerals and antinutritional factors of some under-utilized grain legumes in south-western nigeria, Nutrition and Food Science, 36: 18-23.

Olaleke, A.M., Olorunfemi, O. and Emmauel, A.T., 2006, A comparative study on the chemical and amino acid composition of some nigerian under-utilized legume flours, Pakistan Journal of Nutrition, 5:34-38.

การพัฒนาบะหมี่สดโดยการเติมผงแก่นตะวัน

Development of Fresh Noodles by Substitution of Jerusalem Artichoke Powder

ดวงใจ มาลัย[1] ชุติมณฑน์ ชัยชวลิต[1] สุพรรษา จันทร์เพ็ญ[1] และ สุชานุช ไหมละเอียด[1]

Malai, D.[1], Chaichawalit, C.[1] Janphen, S.[1] and Mailaead, S.[1]

Abstract

Fresh noodles are popular food consumption, but they contain low fiber content. Product development can be made by adding Jerusalem artichoke powders (JAP). The objective of the present study is to develop fresh noodles with JAP added. The variables studied in this research are peeling time, duration and concentration of citric acid solution for soaking and drying process. The appropriate formula to produce JAP added fresh noodles is determined by varying the ratio of wheat flour to JAP as follow, 100:0, 90:10, and 85:15 respectively. Sensory testing was used to measure intensity of yellowness, flavor of JAP as well as texture (chewiness and softness). The noodles contained 90:10 wheat flour to JAP ratio had the highest sensory scores ($p < 0.05$) among attributes. Chemical composition of JAP comprises of moisture (8.42%), protein (8.14%), fat (0.30%), fiber (5.28%), ash and carbohydrate (73.63%). Noodles, with 90:10 wheat flour to JAP ratio, have 21.57, 9.76, 0.71, 2.42, 1.36 and 66.79, respectively in composition.

Keywords: Jerusalem artichoke powder, wheat, wheat flour, fresh noodles

บทคัดย่อ

บะหมี่สดเป็นอาหารหลักที่นิยมบริโภคแต่มีใยอาหารต่ำ จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาโดยใช้ผงแก่นตะวัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบะหมี่สดผสมผงแก่นตะวัน โดยศึกษาตัวแปรที่ใช้ในกระบวนการเตรียมผงแก่นตะวัน ในเรื่องระยะเวลาในการปอกเปลือก ระยะเวลาและความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกในการแช่ และระยะเวลาในการอบแห้ง ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่สดผสมผงแก่นตะวัน โดยแปรอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงแก่นตะวันเป็น 100:0, 90:10, 85:15 ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเข้มของสีเหลือง ด้านกลิ่นรสของผงแก่นตะวัน ด้านความเหนียวและความนุ่ม พบว่าบะหมี่สดผสมผงแก่นตะวันอัตราส่วน 10:90 ได้คะแนนทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูงสุด ($p < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงแก่นตะวันพบว่ามีร้อยละของความชื้น โปรตีน ไขมัน กากอาหาร เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเป็น 8.42, 8.14, 0.30, 5.28 และ 73.63 ตามลำดับ และบะหมี่สดผสมผงแก่นตะวันอัตราส่วน 10:90 เป็น 21.57, 9.76, 0.71, 2.42, 1.36 และ 66.79 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผงแก่นตะวัน แป้งสาลี บะหมี่สด

คำนำ

จากผลการสำรวจสภาวะสุขภาพคนไทย ครั้งที่ 4 (สำนักงานสำรวจสุขภาพประชาชนไทย, 2551-2) พบว่าการบริโภคผักและผลไม้รวมของคนไทยลดลง โดยบริโภคเฉลี่ยวันละ 3 ส่วนต่อวัน จากปริมาณที่แนะนำให้บริโภคคืออย่างน้อย 5 ส่วนต่อวัน เนื่องจากผักและผลไม้เป็นแหล่งสำคัญของสารอาหารหลายชนิด โดยเฉพาะใยอาหาร ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพทั้งในด้านการป้องกันหรือชะลอการเกิดโรคเรื้อรัง แก่นตะวันหรือเยรูซาเล็ม อาร์ติโช้ก (Jerusalem artichoke) ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Helianthus tuberosus* เป็นพืชตระกูลเดียวกับทานตะวัน ส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์คือส่วนหัว (tuber) ที่มีใยอาหารสูง โดยเป็นใยอาหารชนิดอินูลิน (Inulin) 16-20 กรัมต่อหัวสด 100 กรัม และโอลิโกฟรุกโตสปริมาณ 12-15 กรัมต่อหัวสด 100 กรัม มีความหวานแต่ให้พลังงานต่ำ จึงช่วยลดความอ้วน ไม่เป็นปัญหากับผู้ที่เป็นเบาหวาน (ดารารัตน์, 2554) รวมทั้งมีข้อดีอื่นๆ ต่อร่างกายเหมือนใยอาหาร ปัจจุบันกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพืชชนิดนี้ บะหมี่เป็นอาหารหลักประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมบริโภคทั้งในประเทศไทยและทั่วโลกเป็นระยะเวลานาน ในระยะหลังกระแสความใส่ใจด้านสุขภาพมีมากขึ้น ต้องการบริโภคอาหารที่มีใยอาหารมากขึ้น อันจะส่งผลดีต่อสุขภาพร่างกาย (ศิริพร และคณะ, 2553) ดังนั้นจึงเกิดแนวคิด

[1] คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 420/1 ถ.ราชวิถี ราชเทวี กทม. 10400

[1] Faculty of Public Health, Mahidol University 420/1 Rajavithi Rd., Rajathevee, Bangkok, 10400

ที่จะเพิ่มใยอาหารในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่โดยเติมผงแก่นตะวัน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาให้เส้นบะหมี่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มสูงขึ้น และเพิ่มทางเลือกในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ ที่สามารถบริโภคได้ทุกเพศทุกวัย

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ใช้หัวแก่นตะวันสด พันธุ์แก่นตะวันสายพันธุ์ 2 จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร นำมาทำให้เป็นผงเพื่อให้สะดวกในการใช้และลดการสลายตัวของส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากของอินนูลิน (Takeuchi, 2011) โดยกระบวนการเตรียมผงแก่นตะวัน (Nadir และคณะ, 2011) ประกอบด้วยการปอกเปลือกหัวแก่นตะวันด้วยไอน้ำโดยใช้การนึ่งแล้วขูดเปลือกออก การแช่สารละลายกรดซิตริก (Tchone, 2005) การอบแห้ง และการบดด้วยโกร่งบดยา การศึกษาการเตรียมผงแก่นตะวันประกอบด้วยการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปอกเปลือก โดยแปรระยะเวลาในการนึ่งตั้งแต่ 2.0- 5 นาที การศึกษาการแช่สารละลายกรดซิตริก โดยนำแก่นตะวันมาที่ปอกเปลือกแล้วมาสไลด์ แปรความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกเป็นร้อยละ 0.5- 2.5 ระยะเวลาแช่ 5- 20 นาที นำมาผึ่งแห้ง การศึกษาระยะเวลาในการอบแห้งด้วย tray dryer อุณหภูมิ 65 ^{0}ซ แปรระยะเวลาอบแห้งเป็น 0-8 ชั่วโมง จากนั้นนำผงแก่นตะวันที่ได้มาศึกษาองค์ประกอบทางด้านเคมี ตามวิธีของ AOAC 2000 โดยวิเคราะห์ความชื้น ด้วยวิธี Hot air oven ไขมันด้วยวิธี Soxhlet apparatus โปรตีน ด้วยวิธี Kjeldahl method (Nx5.7) กากอาหาร (crude fiber) เถ้า และคาร์โบไฮเดรตโดยใช้การคำนวณหาความแตกต่าง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การศึกษาสูตรบะหมี่ต้นแบบ โดยเลือกสูตรบะหมี่สด 3 สูตร โดยสูตรที่ 1 (สุภารัตน์, 2547) สูตรที่ 2 (อรอนงค์, 2540) และสูตรที่ 3 (ดัดแปลงจากสุวรรณา และคณะ, 2540) ดังตารางที่ 1นำส่วนผสมมาผสมกันในเครื่องผสมอาหาร ผสมจนได้โดที่เนียนเรียบ พักโด 30 นาที นำไปเข้าเครื่องรีดให้เป็นเส้น จับเป็นก้อน ก้อนละ 50 กรัม นำมาทดสอบความชอบแบบ Ranking test โดยชอบมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง และชอบน้อยที่สุดเป็นอันดับ 3 ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน (เป็นนักศึกษาและบุคลากรจากภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.มหิดล) การเตรียมบะหมี่ทำโดยนำไปลวกในน้ำเดือด นาน 1 นาที นำมา 10 กรัมใส่ถ้วยขนาด 6 ออนซ์ ติดรหัส 3 ตัว แล้วใส่ในน้ำซุป 50 มล. ซึ่งเตรียมจากผงซุปรสไก่ละลายในน้ำเดือด (0.9%) จัดตัวอย่างให้ผู้ทดสอบแบบสมดุล (balance order)

การศึกษาบะหมี่สดผสมผงแก่นตะวัน โดยแปรสัดส่วนผงแก่นตะวันต่อแป้งสาลีเป็นร้อยละ 100:0 (สูตรต้นแบบ), 90:10 และ 85:15 ตามส่วนผสมของสูตรที่ 2 ใช้วิธีผลิตบะหมี่ การลวก และการเตรียมน้ำซุป ตลอดจนกลุ่มผู้ทดสอบเดียวกับการทดลองข้างต้น แต่ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน แล้วประเมินแบบ Scoring test ในด้านสีเหลืองของบะหมี่ กลิ่นรสของผงแก่นตะวัน ความเหนียวและความนุ่มของบะหมี่ และความชอบโดยรวม ชนิด 5 สเกล โดย 5 คือมีคุณลักษณะนั้นมากที่สุด และ 1 คือมีคุณลักษณะนั้นน้อยที่สุด จากนั้นนำบะหมี่ผสมผงแก่นตะวันไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ใช้การวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์เหมือนการวิเคราะห์ผงแก่นตะวัน และวิเคราะห์ทางกายภาพในด้านสี ด้วยระบบ CIE (เครื่องวัดสี Minolta camera รุ่น CR-400) และเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyser รุ่น TA.XT plus โดยใช้ Noodle tensile rig เพื่อวัด tensile strength และ elasticity

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมผงแก่นตะวัน พบว่าระยะเวลาการนึ่งที่เหมาะสมต่อการปอกเปลือกคือ 2.5 นาที ความเข้มข้นและระยะเวลาของสารละลายกรดซิตริกที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 1.5 นาน 15 นาที ระยะเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมคือ 3 ชั่วโมง ผงแก่นตะวันมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 3.65 (ไม่แสดงผล)

การศึกษาสูตรบะหมี่สดพบว่าสูตรที่ 2 ได้รับความชอบมากที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากสูตรที่ 1 และ 3 ตามลำดับ (ไม่แสดงผล) เนื่องจากบะหมี่สูตรที่ 2 มีความเหนียว นุ่ม เส้นไม่เละ ไม่มีกลิ่นของไข่มากนัก และมีสีเหลืองสวย

การศึกษาอัตราส่วนของผงแก่นตะวันต่อแป้งสาลี พบว่าการผสมผงแก่นตะวันในอัตราส่วน 90:10 และ 85:15 มีสีเหลืองคล้ำมากกว่าบะหมี่สูตรต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยยิ่งเพิ่มปริมาณผงแก่นตะวันมากขึ้นความคล้ำยิ่งมากขึ้น กลิ่นรสของผงแก่นตะวันทั้ง 3 อัตราส่วนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นหมายถึงกลิ่นรสของผงแก่นตะวันไม่มีผลต่อบะหมี่ บะหมี่ที่มีอัตราส่วน 90:10 และ 85:15 มีความเหนียวมากกว่าบะหมี่สูตรต้นแบบเล็กน้อย เนื่องจากผงแก่นตะวันมีสมบัติในการดูดซับน้ำได้ไม่ดี เมื่อผสมรวมกับส่วนผสมบะหมี่จะดูดซับน้ำน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความชื้น รวมถึงงานวิจัยของ O' Brien (2003) ที่ศึกษาการเติมผงอินนูลินเพื่อทดแทนไขมันในขนมปังที่ทำจากแป้งสาลี พบว่าเมื่อเพิ่มผงอินนูลินการดูดซับน้ำของโดจะลดลง และงานวิจัยของ Wang และคณะ (2002) ที่ศึกษาผลของการเติมใยอาหารหลายชนิดต่อคุณภาพของขนมปัง พบว่าโดที่เติมผงอินนูลินจะมีค่าการดูดซับน้ำน้อยกว่าโดที่ไม่เติมผงอินนูลิน ซึ่งสอดคล้อง

กับผลการทดสอบชิมของบะหมี่ผสมผงแก่นตะวันที่พบว่ามีความนุ่มลดลงเมื่อเทียบกับสูตรต้นแบบ ส่วนคะแนนความชอบโดยรวมพบว่าบะหมี่ผสมผงแก่นตะวันได้รับความชอบน้อยกว่าบะหมี่สูตรต้นแบบ แต่บะหมี่ที่มีอัตราส่วน 90:10 ได้รับความชอบแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสูตรต้นแบบ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับบะหมี่ที่มีอัตราส่วน 85:15 ($p<0.05$) (Table 2) ดังนั้น อัตราส่วนแป้งสาลีต่อผงแก่นตะวันเหมาะสมที่สุดในการทำบะหมี่คือ 90:10

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของบะหมี่ผสมผงแก่นตะวันที่อัตราส่วน 90:10 เทียบกับบะหมี่ต้นแบบ (Table 3) พบว่าบะหมี่ผสมผงแก่นตะวันมีความชื้น โปรตีน และไขมันลดลง แต่มีกากอาหาร เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับบะหมี่สูตรต้นแบบ และกากอาหารที่เพิ่มขึ้นเป็นผลจากผงแก่นตะวันที่มีกากอาหารสูงถึงร้อยละ 5.28

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ (Table 4) พบว่าค่าสีของบะหมี่ผสมผงแก่นตะวันมีความแตกต่างจากบะหมี่ต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกค่า โดยมีค่าความสว่างหรือ L* น้อยกว่าบะหมี่สูตรต้นแบบ สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส เนื่องจากผงแก่นตะวันมีสีคล้ำกว่าแป้งสาลี บะหมี่ผสมผงแก่นตะวันมีค่า a* เป็นบวก บอกว่ามีสีแดงเล็กน้อย ขณะที่บะหมี่สูตรต้นแบบมีค่า a* เป็นลบบอกว่ามีสีเขียวเล็กน้อย และบะหมี่ผสมผงแก่นตะวันมีค่า b* น้อยกว่าบะหมี่สูตรต้นแบบ แสดงถึงสีเหลืองที่น้อยกว่า ผลการวัดเนื้อสัมผัสพบว่า บะหมี่ผสมผงแก่นตะวันมีพิกัดยืดหยุ่น (tensile strength) และความยืดหยุ่น (elasticity) มากกว่าบะหมี่ต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส จึงมีความเป็นไปได้อย่างมากในการนำผงแก่นตะวันมาเติมในบะหมี่เพื่อเพิ่มใยอาหาร แม้จะไม่ทำให้พลังงานที่ได้รับจากบะหมี่ลดลง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มทางเลือกแก่ผู้บริโภคในการได้รับใยอาหารจากการบริโภคบะหมี่เป็นอาหารหลัก สำหรับการเพิ่มผลความชอบบะหมี่โดยรวมควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการนวดโดของบะหมี่เพื่อให้ได้บะหมี่ที่มีความเหนียวยิ่งขึ้น

สรุปผล

บะหมี่สดผสมผงแก่นตะวันสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือสูตรที่ใช้อัตราส่วน 90:10 โดยได้รับความชอบไม่แตกต่างจากสูตรต้นแบบ และมีใยอาหารเพิ่มขึ้นประมาณ 4 เท่าจากบะหมี่สูตรต้นแบบ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนักศึกษาภาควิชาโภชนวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ ม.มหิดล ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการเป็นผู้ทดสอบชิม อ.นัฐพล ตั้งสุภูมิ วิทยาลัยนานาชาติ ตลอดจนอาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลที่ให้การสนับสนุน

เอกสารอ้างอิง

ดารารัตน์ มงคลการ และสาโรจน์ ศิริศันสนียกุล, 2554, แก่นตะวันพืชหัวเพื่อสุขภาพ, สรรสาระเทคโนโลยีชีวภาพ, สมาคมเทคโนโลยีชีวภาพแห่งประเทศไทย.

สุภารัตน์ แก้วปรารถนา, 2547, ปัญหาพิเศษเรื่อง การใช้แป้งถั่วเขียวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บะหมี่, โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

สุวรรณา ศรีสวัสดิ์, ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล และสัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์, 2540, การผลิตและใช้ประโยชน์ทุเรียนดิบบดแห้ง, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานสำรวจสุขภาพประชาชนไทย, 2551-2552, พฤติกรรมสุขภาพ ใน รายงานการสำรวจสภาวะสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย, ครั้งที่ 4, เดอะ กราฟฟิโก ซิสเต็มส์ จำกัด, นนทบุรี, 47-125.

ศิริพร ตันจอ, ครรชิต จุดประสงค์, และประภาศรี ภูวเสถียร, 2553, อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์เพื่อสุขภาพ, วารสารโภชนาการ, 2:1-13.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540, ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

O'Brien, C.M., Mueller, A., Scannell, A.G.M. and Arendt, E.R., 2003, Evaluation of the effects of fat replacers on the quality of wheat brand, Journal of Food Engineering, 56: 265-267.

Nadir, A.S., Helmy, I.M.F. and Kamil, M.M., 2011, Effect of using Jerusalem artichoke and inulin flours on producing low carbohydrate high protein pasta, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(12): 2855-2864.

Tacheuchi, J. and Nagashima, T., 2011, Preparation of dried chips from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers and analysis of their functional properties, Food Chemistry, 126: 922-926.

Tchone, M., Barwald, G. and Meier, C., 2005, Polyphenoloxidases in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*), British Food Journal, 107.9, Proquest: 693-702.

Wang, J., Rosell, C.M. and de Barber, C.B., 2002, Effect of the addition of different fiber on wheat dough performance and bread quality, Food Chemistry, 79: 221-226.

Table 1 Ingredients of fresh noodle formulas

Ingredient (g)	Formula		
	1	2	3
Multi-purpose wheat flour	80	100	100
water	20	35	28
salt	1.25	1	0.2
egg	25	10	25
Sodium bicarbonate	-	1	0.3

Table 2 Sensory attribute scores of fresh noodle with JAP (Jerusalem artichoke powder) at various ratio ofwheat flour to JAP

Sensory attribute	Ratio of wheat flour to JAP		
	100:0	90:10	85:15
Intensity of yellowness	$2.22±0.71^{c}$	$3.36±0.56^{b}$	$4.58±1.14^{a}$
JAP flavor	$3.08±1.08^{a}$	$3.12±0.82^{a}$	$3.10±0.97^{a}$
Chewiness	$2.78±0.84^{a}$	$3.10±0.65^{a}$	$3.10±1.04^{a}$
Softness	$3.64±0.63^{a}$	$3.40±0.57^{a}$	$3.54±0.99^{a}$
Overall liking	$3.48±0.93^{a}$	$3.36±0.80^{a}$	$2.84±0.84^{b}$

Values follow by the same letter in the same row are not significantly difference ($P \leq 0.05$)

Table 3 Chemical composition of JAP and fresh noodles with ratio of wheat flour to JAP at 100:0, and 90:10

Chemical composition (%)	JAP	Fresh noodle (100:0)	Fresh noodle (90:10)
Moisture	8.42±0.07	25.33±0.26	21.57±0.24
Protein	8.14±0.30	10.55±0.20	9.76±0.09
Fat	0.30±0.13	0.90±0.28	0.71±0.19
Crude fiber	5.28±0.03	0.49±0.03	2.42±0.05
Ash	4.23±0.08	1.29±0.02	1.36±0.06
Carbohydrate	73.63±0.10	60.25±0.35	66.79±0.36

Table 4 Physical quality of fresh noodles with ratio of wheat flour to JAP at 100:0, and 90:10

Physical quality	Fresh noodle (100:0)	Fresh noodle (90:10)
Color		
- L*	$54.68±0.12^{a}$	$48.21±0.51^{b}$
- a*	$-0.56±0.02^{b}$	$1.67±0.01^{a}$
- b*	$13.09±0.15^{a}$	$11.96±0.03^{b}$
Texture		
- Tensile strength (N)	$0.96±0.52^{b}$	$6.53±4.12^{a}$
- Elasticity (mm)	$8.72±1.36^{b}$	$15.63±3.87^{a}$

Values follow by the same letter in the same row are not significantly difference ($P \leq 0.05$)

ผลของการใช้แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย

Effect of Substitute Cassava Flour for Wheat Flour in Butter Cookies

ผาณิต รุจิรพิสิฐ[1] และ วิชชุดา สังข์แก้ว[1]

Rujirapisit, P.[1] and Sangkaeo, W.[1]

Abstract

Cassava is an important crop in Thailand. Cassava flour was produced by dry milling process. It can be used as partial substitute for wheat flour in some type of bakery products. The purpose of this study was to investigate the effect of substitute cassava flour for wheat flour in butter cookies. Cassava flour was added to wheat flour at substitution levels of 0 40 50 60 and 70 % (flour basis). Physical properties and sensory attributes were evaluated. The results showed that higher amount of cassava flour gave lighter color in butter cookies. This is consistent with the results that lightness (L*) increased while redness(a*) yellowness(b*) and chroma decrease when the amount of cassava flour in butter cookies increased(p>0.05). The results also found that higher amount of cassava flour in butter cookies gave smaller size and more firmness texture. When the amount of cassava flour were increased the cutting force and bulk density were increased (p>0.05), while spread ratio and specific volume decrease (p>0.05). Sensory evaluation using 9-point hedonic scale showed that cassava flour can be used to substitute wheat flour up to 70%(flour basis), but should be added some flavor to reduce the off odor of cassava flour.

Keywords: cassava, cassava flour, butter cookies

บทคัดย่อ

มันสำปะหลัง เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังซึ่งผลิตโดยใช้กระบวนการโม่แห้ง สามารถนำมาทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอรีบางชนิดได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทดลองนำแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย โดยแปรปริมาณการทดแทนเป็น 0 40 50 60 และ70 % (โดยน้ำหนักแป้ง) ประเมินคุณภาพของคุกกี้เนย โดยวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อปริมาณแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังเพิ่มขึ้น คุกกี้เนยจะมีสีอ่อนลง เนื่องจาก ค่าความสว่าง(L*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสีแดง(a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าความเข้มของสี(Chroma) มีแนวโน้มลดลง (p>0.05) และพบว่าขนาดของคุกกี้เนยลดลง โดยมีเนื้อสัมผัสแน่นขึ้น เนื่องจากค่าแรงตัดขาด และค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการแผ่ขยายตัวและปริมาตรจำเพาะลดลง (p>0.05) จากการทดสอบลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสโดยวิธี 9- points hedonic scaleพบว่า สามารถใช้แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนยได้ถึง 70% แต่ควรมีการปรุงแต่งกลิ่น เพื่อลดกลิ่นเฉพาะของแป้งฟลาวร์มันสำปะหลัง

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง แป้งฟลาวร์มันสำปะหลัง คุกกี้เนย

คำนำ

มันสำปะหลัง เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เป็นพืชหัวที่มีปริมาณแป้งสูง และมีการนำมาบริโภคในหลายรูปแบบ รวมทั้งการนำมาผลิตเป็นแป้ง ทั้งในรูปของสตาร์ช และฟลาวร์ โดยสตาร์ชผลิตได้จากกระบวนการโม่เปียก ส่วนฟลาวร์ผลิตได้จากกระบวนการโม่แห้ง ซึ่งแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังจะมีปริมาณสตาร์ช ต่ำกว่าแป้งสตาร์ชมันสำปะหลังแต่แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังจะมีปริมาณน้ำตาล และใยอาหารสูงกว่าแป้งสตาร์ชมันสำปะหลัง (Dufer และ,1996) ในขณะที่แป้งสาลีที่ผลิตในประเทศไทย มีคุณภาพและปริมาณยังไม่เพียงพอต่อการบริโภค จะต้องนำเข้าข้าวสาลีส่วนหนึ่งจากต่างประเทศ โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาการนำแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังมาทดแทนการใช้แป้งสาลี เช่น Rujirapisit (2003) ได้ศึกษา การนำแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้กช็อคโกแลตและเค้กผลไม้ พบว่าสามารถใช้แป้งฟลาวร์มันสำปะหลัง

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ดินแดง กรุงเทพฯ 10400

[1] Department of Food Business Management, School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce, Dindang Bangkok 10400

ทดแทนแป้งสาลีได้ 60% ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงทดลองนำแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังมาทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการผลิตคุกกี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังที่เหมาะสมในการนำมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย โดยเปรียบเทียบคุณภาพทางด้านสมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของคุกกี้เนย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการใช้แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนยโดยใช้แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีอเนกประสงค์ ในปริมาณ 0 40 50 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้งคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมโดยการวัดค่าสี ด้วยเครื่อง HunterLab Digital ColorDifference Meter รุ่น DP-9000วัดค่าแรงตัดขาดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส TextureAnalyzer รุ่น textureLRX ของ LLOYEinstrument วัดค่าความหนาแน่น (Bulk density) ปริมาตรจำเพาะ(Specific volume) และค่าการแผ่ขยายตัว(spread ratio) โดยวิธี AACC (2000) วางแผนการทดลองโดยวิธี Completely randomized designและทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9- points hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิม 50 คน วางแผนการทดลองโดยวิธี Completely randomized block design วิเคราะห์ความแตกต่างของตัวอย่างโดยใช้ Dancan's New Multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจากการนำแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย เมื่อนำผลิตภัณฑ์คุกกี้ไปวัดค่าสี (Table 1) พบว่าเมื่อปริมาณแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง(L*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p>0.05$) ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าความเข้มของสี (Chroma) มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากวัตถุดิบแป้งฟลาวร์มันสำปะหลัง มีสีขาวสว่างกว่าแป้งสาลี

เมื่อนำผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยที่ได้ไปวัดค่าแรงตัดขาด และค่าการแผ่ขยายตัว (Table 2) พบว่า เมื่อปริมาณแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดขาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการแผ่ขยายตัวลดลง ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองใน Table3 ที่แสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณการใช้แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้น จะทำให้คุกกี้เนยมีความหนาแน่นและปริมาตรจำเพาะลดลง ($p>0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากแป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตน ในขณะที่แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังไม่มีกลูเตน (Alvarenga และคณะ, 2011) ดังนั้นโครงสร้างของคุกกี้ที่มีปริมาณแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังมาก จึงมีกลูเตนน้อย ทำให้การแผ่ขยายตัวน้อย ขนาดของคุกกี้จึงเล็กลงและมีเนื้อสัมผัสแน่นขึ้น

เมื่อนำผลิตภัณฑ์คุกกี้ไปทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส ทางด้านความชอบ (Table 4) พบว่า คะแนนความชอบทางด้านสี ของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย ไม่มีความแตกต่างกันในทุกระดับของการใช้แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลี ($p\leq0.05$) ในขณะที่คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านอื่นๆ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับคุกกี้ที่ไม่ได้ใช้แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลี (0%) แต่คะแนนความชอบในทุกลักษณะโดยรวมอยู่ในระดับที่สูงและยอมรับได้ ยกเว้นคะแนนความชอบทางด้านกลิ่น ที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนทางด้านความชอบลดลง เมื่อปริมาณแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังมีกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งถ้าใช้ในปริมาณมากอาจจะต้องมีการเติมกลิ่นสังเคราะห์ลงไปช่วย แต่เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวม พบว่าคะแนนของผลิตภัณฑ์ในทุกระดับที่ใช้แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีอยู่ในระดับที่สูง โดยการใช้แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังในระดับ 70% มีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากที่ระดับ 40% และ 50% ดังนั้นจึงสามารถใช้แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนยได้ถึง 70% (โดยน้ำหนักแป้ง)

สรุปผล

เมื่อนำแป้งฟลาวร์มันสำปะหลังมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย พบว่า เมื่อปริมาณการใช้แป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ทำให้คุกกี้เนยมีสีอ่อนลง เนื้อสัมผัสแน่นขึ้น การแผ่ขยายตัวลดลง โดยสามารถใช้แป้งฟลาวร์มันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนยได้ถึง 70%(โดยน้ำหนักแป้ง) และควรมีการเติมสารปรุงแต่งกลิ่นรส เพื่อลดกลิ่นเฉพาะของแป้งฟลาวร์มันสำปะหลัง

เอกสารอ้างอิง

Alvarenga, N.B., Lidon, F.C., Belga, E., Motrena, P., Guerreiro, S., Carvalho, M. and anada, J., 2011, Characterization of gluten-free bread prepared from maize, rice and tapioca flours using thehydrocolliod hydrocolloid seaweed agar-agar, Journal of Recent Research in Science and Technology, 3(8): 64-68.

Association of Cereal Chemists, 2000, Approved Methods, St.Paul, MN: AACC International.

Dufer, D., O'Brien, G.M. and Best, R., 1996, Cassava Flour and Starch : Progress in Research and Development, CIAT International Center for Tapioca Agriculture ,Colombia, 409p.

Rujirapisit, P., 2003, some properties of cassava flour and partial substitute for wheat flour in chocolate cake and fruit cake, The 2nd Conference on Starch Technology, BioThailand 2003:Technologyfor life, Pattaya Thailand, pp. 165- 171.

Table 1 Hunter lab color onsubstitute cassava flour for wheat flour in butter cookies

Cassava flour (%)	Hunter Lab Color			
	L*	a*	b*	Chroma
0	55.24[d]	8.45[a]	32.54[a]	33.62[a]
40	60.65[c]	5.89[b]	31.14[a]	31.69[b]
50	62.77[b]	5.01[b]	29.76[b]	30.18[c]
60	65.78[b]	4.15[c]	28.73[b]	29.03[c]
70	66.26[a]	4.09[c]	29.36[b]	29.64[c]

Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test

Table 2 Cutting force and spread ratio on substitute cassava flour for wheat flour in butter cookies

Cassava flour (%)	Cutting force (N)	Spread ratio
0	7.42[d]	5.85[a]
40	10.75[c]	3.36[b]
50	12.26[b]	2.81[c]
60	14.23[a]	2.77[c]
70	14.25[a]	2.73[c]

Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test

Table 3 Bulk density and specific volume on substitute cassava flour for wheat flour in butter cookies

Cassava flour (%)	Bulk density (g/cm^3)	Specific volume (cm^3/g)
0	0.36[d]	2.78[a]
40	0.39[c]	2.56[b]
50	0.42[b]	2.38[c]
60	0.43[b]	2.32[c]
70	0.46[a]	2.17[d]

Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at *P> 0.05* by DMRT test

Table 4 Sensory evaluation (9- points hedonic scale) on substitute cassava flour for wheat flour in butter cookies

Cassava flour (%)	Hedonic score					
	Appearance	Color^{ns}	Odor	Taste	Texture	Overall linking
0	8.33^{a}	8.50	8.80^{a}	8.24^{a}	7.39^{a}	8.61^{a}
40	8.14^{a}	8.59	7.94^{b}	7.71^{a}	7.28^{a}	7.35^{b}
50	8.22^{a}	8.47	6.64^{c}	7.10^{b}	7.32^{a}	7.21^{b}
60	7.21^{b}	8.69	5.21^{d}	7.48^{b}	7.12^{b}	7.03^{c}
70	7.18^{b}	8.46	5.58^{d}	7.25^{b}	7.10^{b}	7.20^{b}

ns mean in the same row are not significant difference ($p>0.05$)

Means for each characteristic in the same column followed by the same letter are not significantly different at$P>0.05$ by DMRT Test

การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางชีวเคมีของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสจากมะม่วงน้ำดอกไม้และมะม่วงอกร่อง

A comparative Study on Biochemical Properties of alpha-Amylases from Namdogmai and Ok-rong Mango (*Mangifera indica* L.)

พรชัย เหลืองบริสุทธิ์[1] ภัชรี สิทธิกิจโยธิน[1] รัชนี ไสยประจง[1] และ สุรพงษ์ พินิจกลาง[1]

Luangborisut, P.[1], Sittikityotin, P.[1], Saiprajong, R.[1] and Pinitglang, S[1].

Abstract

A comparative studies on biochemical properties of alpha amylases from Namdogmai and Ok-rong Mango (*Mangifera indica* L.) were selected for crude enzyme extraction. The crude enzyme fraction was loaded onto a β - cyclodextrin Sepharose 6B affinity column. Alpha amylase was eluted by 0.1 M KCl-HCl buffer pH 2.0. Alpha amylase solution was concentrated by Ultramembrane filtration molecular weight cut off 3 kDa. A comparative study of alpha-amylases of Namdokmai and Ok-rong mango showed the protein bands a molecular weight in the range of 42-51 kDa were determined by sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) method. Alpha amylases were purified 6.89, 9.25 fold to homogeneity with an overall recovery of 10, 4 % and specific activity of 125, 33.33 U/mg found that in Namdokmai mango and Ok-rong Mango, respectively. Namdogmai mango was purified alpha amylase activity only about 4 times higher than Ok-rong mango by using high purity dyed and crosslinked soluble Red starch as substrate. The purified alpha amylase from Namdokmai and Ok-rong mango have optimum pH at 5 and optimum temperature in the range of 45-65 degrees celsius.

Keywords: α -amylase, affinity chromatography, β -cyclodextrin, mango

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางชีวเคมีของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสจากมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* L.)และมะม่วงพันธุ์อกร่อง (*Mangifera indica* L.) โดยการนำเอาเอนไซม์สกัดอย่างหยาบที่ได้จากมะม่วงทั้ง 2 ชนิด มาแยกโดยวิธีแอฟฟินิตี้ โครมาโตกราฟีในคอลัมน์ที่มี β -cyclodextrin Sepharose 6B เป็นคอลัมน์ ใช้สารละลาย KCl-HCl บัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 2.0 เป็นตัวชะเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส ปรับสารละลายเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส ให้มีความเข้มข้นขึ้นโดยการกรองผ่านอัลตร้าเมมเบรนที่มีการคัดกรองน้ำหนักโมเลกุล 3 กิโลดาลตัน ผลการศึกษาเปรียบเทียบน้ำหนักโมเลกุลของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสจากมะม่วงน้ำดอกไม้และมะม่วงอกร่องโดยวิธี sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) พบแถบโปรตีนบนเจลมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงระหว่าง 42-51 กิโลดาลตัน เอนไซม์แอลฟา อะไมเลสจากมะม่วงน้ำดอกไม้และมะม่วงอกร่องที่ได้มีความบริสุทธิ์ 6.89, 9.25 เท่า คิดเป็นร้อยละ 10 , 4 ค่าแอกติวิตีเฉพาะของเอนไซม์เท่ากับ 125 , 33.33 ยูนิตต่อมิลลิกรัมตามลำดับ มะม่วงน้ำดอกไม้ให้ค่าแอกติวิตีเฉพาะของเอนไซม์ที่สูงกว่ามะม่วงอกร่องประมาณ 4 เท่า โดยใช้ซับสเตรตที่เป็นสีมีความบริสุทธิ์สูงที่ crosslink อยู่กับแป้ง เอนไซม์ของมะม่วงทั้งสองทำงานได้เหมาะสมที่pH เท่ากับ 5 มีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 45-65 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: แอลฟา อะไมเลส แอฟฟินิตี้ โครมาโตกราฟี เบต้า ไซโคลเด็กซ์ตริน มะม่วง

คำนำ

แอลฟา อะไมเลส เป็นเอนไซม์ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยแป้ง(starch) ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลมากให้ได้ผลผลิตที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยลง เช่น กลูโคส มอลโทส และมอลโทไตรโอส (Gupta และคณะ 2003) เอนไซม์แอลฟา อะไมเลส เป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญมากในเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรม ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เอนไซม์แอลฟา อะไมเลส ที่ได้จากพวกแบคทีเรียและ

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce 126/1 Vibhavadee Rangsit Road, Dindaeng Bangkok 10400

รา ในอุตสาหกรรมต่างๆเช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมกระดาษ สารทำความสะอาด อุตสาหกรรมทอผ้า และในพืช ผักผลไม้ (Yasin และ Chaudhary,1981) นิยมสกัดมาเป็นเอนไซม์เสริมสุขภาพช่วยย่อยอาหารและยารักษาโรคต่างๆเป็นต้น

การผลิตเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสให้บริสุทธิ์และตรวจสอบสมบัติทางชีวเคมีของเอนไซม์ นับเป็นสิ่งสำคัญที่จะนำเอาองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางชีวเคมีของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสจากมะม่วงน้ำดอกไม้และมะม่วงอกร่อง (*Mangifera indica* L) โดยที่ประเทศไทยเรามีผลไม้เมืองร้อนอยู่มากเป็นผลิตผลทางการเกษตรนำรายได้เข้าประเทศ ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการวิจัยคัดเลือกเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสและตรวจสอบสมบัติทางชีวเคมีได้ อีกทั้งยังเป็นการศึกษาวิจัยต่อยอดหาองค์ความรู้ใหม่ๆในการผลิตเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสจากผลไม้ชนิดอื่นได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

แหล่งของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการสกัดแยกเอนไซม์อย่างหยาบได้จากตัวอย่าง มะม่วงน้ำดอกไม้ และมะม่วงอกร่องโดยใช้ส่วนเนื้อที่กินได้ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองจะซื้อจากตลาดสด หรือ ซุปเปอร์มาเก็ต และแหล่งอื่นๆ

การเตรียมเอนไซม์สกัดอย่างหยาบ

คัดแยกเอนไซม์แอลฟา อะมัยเลสจากผลไม้โดยนำตัวอย่างมะม่วงสุกบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้กรองเอากากทิ้งด้วยผ้าขาวบางได้ส่วนที่เป็นเอนไซม์สกัดอย่างหยาบ หรือ crude enzyme จากนั้นนำ crude enzyme มาสกัดด้วยสารละลายเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1:3 โดยกวนให้เข้ากันเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงความเร็ว 6,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วนำตะกอนที่ได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

การแยกเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสโดยวิธี affinity chromatography

การเตรียม Epoxy activated sepharose 6B

นำสาร Epoxy activated sepharose 6B จำนวน 15 กรัม มาทำให้อิ่มตัวโดยแช่ในน้ำกลั่นและล้างหลายๆครั้งประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นเตรียม Coupling ลิแกนด์ โดยใช้สาร β -cyclodextrin จำนวน 25 กรัม ความเข้มข้น 200 ไมโครโมล มาผสมกับน้ำกลั่น โดยปรับพีเอช ให้อยู่ในช่วง 9-13 นำลิแกนด์กับ epoxy activated sepharose 6B ผสมเข้าด้วยกัน (พรชัย และคณะ, 2555) เตรียมพร้อมใช้งาน จากนั้นนำเอนไซม์สกัดหยาบความเข้มข้นปริมาณโปรตีน 10^{-3} กรัมต่อมิลลิลิตร จำนวน 30 มิลลิลิตร ใส่ลงในคอลัมน์ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที แล้วชะคอลัมน์ด้วยสารละลาย sodium acetate บัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช เท่ากับ 5.5 จนกระทั่งไม่มีโปรตีนถูกชะออกมา จากนั้นชะคอลัมน์ด้วยสารละลาย KCl-HCl บัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช เท่ากับ 2.0 เก็บสารที่ถูกชะออกมาในหลอดๆละ 10 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 280 นาโนเมตร นำมาเขียนกราฟระหว่างจำนวนหลอดทดลองและค่าการดูดกลืนแสง

การทดสอบความบริสุทธิ์ด้วย Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS PAGE) (Laemmli 1970)

ประกอบชุดเจลอิเล็กโตรโฟรีซีส เปิดกระแสไฟฟ้าที่ 160 โวลต์ นำตัวอย่างโปรตีนที่ต้องการทดสอบความบริสุทธิ์และหาน้ำหนักโมเลกุลมาต้มในอ่างน้ำเดือด ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที ทิ้งให้เย็นลงแล้วแบ่งมา 28 ไมโครลิตรผสมกับสีย้อม bromophenol blue ปริมาณ 7 ไมโครลิตร เติมลงในช่องว่างสำหรับใส่ตัวอย่างโปรตีนบริเวณส่วนบนของ stacking gel โดยทำพร้อมกับโปรตีนมาตรฐานที่ทราบน้ำหนักโมเลกุล ปล่อยให้ตัวอย่างโปรตีนเคลื่อนที่ไปภายในเจล จนเห็นสีของ bromophenol blue เคลื่อนที่ลงไปจนสุดขอบล่างของเจล นำเจลและแม่พิมพ์ออกจากชุดทดสอบ นำเจลที่ได้ไป Fix ด้วย fixing solution ประมาณ 30 นาที แล้วย้อมด้วยสีย้อม Coomassie Billiant Blue R-250 จะติดสีน้ำเงินหรือย้อมด้วย Silver stain จะติดสีน้ำตาลเข้ม นานประมาณ 10 นาที ล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำแล้วแช่เจลต่อใน Destaining solution ทำ 2-3 ครั้งๆละประมาณ 10 นาที จนกระทั่งส่วนที่เป็น background ใส

การตรวจสอบปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry (1951)

นำสารตัวอย่างปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เติมสารละลายผสมระหว่างโซเดียมคาร์บอนเนต ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และคอปเปอร์ซัลเฟต 0.5 กรัม ในสารละลายโพแทสเซียม โซเดียมตราเตรท ร้อยละ 1 ในอัตราส่วน 50:1 ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติม Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร โดยใช้ bovine serum albumin (BSA) เป็นโปรตีนมาตรฐาน

การตรวจสอบแอกติวิตีของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส Megazyme (2006)

การตรวจสอบแอกติวิตีของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส Megazyme (2006) ที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 2-12 เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 5.4 โดยนำ Malic acid จำนวน 134.1 กรัม และ Sodium hydroxide จำนวน 70 กรัมผสมให้เข้ากันโดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายให้ได้ปริมาตร 800 มิลลิลิตร รอให้อุณหภูมิของสารละลายลดลงที่ อุณหภูมิห้องก่อนนำ Calcium chloride.2H_2O จำนวน 5.9 กรัม ผสมลงไปและปรับค่าพีเอช ให้ได้ค่า 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11และ12 ต่อจากนั้นผสม Sodium azide เข้มข้น 0.1% แล้วปรับให้สารละลายมีปริมาตรทั้งหมดเป็น 1 ลิตร

เตรียมสารละลาย Red-strach โดยนำ Red-starch จำนวน 1 กรัม และ Potassium chloride ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ จำนวน 50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำสารละลาย Red-starch นี้ใส่ลงในหลอดทดลอง 0.5 มิลลิลิตร นำเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสจากการสกัดแบบหยาบและสารตัวอย่างจากการทำโครมาโตรกราฟี จำนวน 1 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย Red-starch อยู่ รวมทั้งสารละลายบัฟเฟอร์ที่ปรับค่าไว้แล้ว ผสมให้เข้ากัน บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลายเอทานอลลงไป ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 10 นาที นำไปปั่นแยกด้วยเครื่องเซ็นตริฟิวส์ นำสารละลายส่วนบนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ค่าที่ได้มาคำนวณค่ากิจกรรมของเอนไซม์

การตรวจสอบแอกติวิตีของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส Megazyme (2006) ที่มีค่าอุณหภูมิ 25 - 85 องศาเซลเซียส ให้ทำการตรวจสอบเช่นเดียวกันแต่คงที่สารละลายบัฟเฟอร์ให้มีพีเอชอยู่ที่ 5.4 แต่การบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีนั้น ให้ปรับอุณหภูมิเป็น 25, 35, 45, 55, 65, 75และ 85 องศาเซลเซียส

ผลการทดลอง

การแยกเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสให้บริสุทธิ์โดยวิธี affinity chromatography

เอนไซม์แอลฟา อะมัยเลส จากมะม่วงน้ำดอกไม้และมะม่วงอกร่อง โดยการสกัดอย่างหยาบถูกแยกออกโดยวิธีทำให้ตกตะกอนกับสารละลาย 95 % เอทานอล นำเอนไซม์ส่วนที่ได้จากการตกตะกอนนี้ผ่านคอลัมน์ β -cyclodextrin Sepharose 6B โดยใช้สารละลาย KCl-HCl บัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอชเท่ากับ 2.0 เป็นตัวชะ เอนไซม์ แอลฟา อะไมเลส ปรับสารละลายเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส ให้มีความเข้มข้นขึ้นโดยการใช้อัลตร้าเมมเบรนฟิลเตรชั่นที่มีการคัดกรองน้ำหนักโมเลกุล 3 กิโลดาลตัน พบว่าในมะม่วงน้ำดอกไม้มีค่าแอกติวิตีเฉพาะของเอนไซม์เท่ากับ 125 ยูนิตต่อมิลลิกรัม และมีความบริสุทธิ์อยู่ที่ 6.89 เท่า มะม่วงอกร่องแอกติวิตีเฉพาะของเอนไซม์มีค่าเท่ากับ 33.33 ยูนิตต่อมิลลิกรัม และมีความบริสุทธิ์อยู่ที่ 9.25 เท่า (Table 1)

การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสโดยวิธี SDS-PAGE

จากผลทดลองโดยการทำ SDS-PAGE พบแถบโปรตีนเอนไซม์อะไมเลสบนเจล มีน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนอยู่ในช่วงระหว่าง 42-51 กิโลดาลตัน (Figure 1A)

การตรวจสอบแอกติวิตีของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส Megazyme (2006)

การตรวจสอบแอกติวิตีของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส ของมะม่วงน้ำดอกไม้และมะม่วงอกร่อง ที่มีค่าความเป็นกรดเบส เป็น 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,11และ12 อุณหภูมิ เป็น 25, 35, 45, 55, 65, 75 และ85 องศาเซลเซียส เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตรได้ผลทดลอง (Figure1 B,C)

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางชีวเคมีของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสจากมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* L.) และมะม่วงอกร่อง พบว่าให้ปริมาณเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส มีความบริสุทธิ์ 6.89 เท่า คิดเป็นร้อยละ 10 ค่าแอกติวิตีเฉพาะของเอนไซม์เท่ากับ 125 ยูนิตต่อมิลลิกรัม จากมะม่วงน้ำดอกไม้ และมีความบริสุทธิ์ 9.25 เท่า คิดเป็นร้อยละ 4 ค่าแอกติวิตีเฉพาะของเอนไซม์เท่ากับ 33.33 ยูนิตต่อมิลลิกรัม จากมะม่วงอกร่อง เมื่อวิเคราะห์แอกติวิตีของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสของมะม่วงอกร่องและมะม่วงน้ำดอกไม้พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ ให้ค่าแอกติวิตีเฉพาะของเอนไซม์ที่สูงกว่า ประมาณ 4 เท่าโดยใช้ Red-starch ซึ่งเป็นซับสเตรตที่มีสีและมีความบริสุทธิ์สูง crosslink อยู่กับแป้ง เมื่อนำมาตรวจสอบดูน้ำหนักโมเลกุล อยู่ระหว่าง 42-51 กิโลดาลตัน พบว่าเอนไซม์ของมะม่วงทั้งสองทำงานได้ดีที่ความเป็นกรด-เบส 5 อุณหภูมิเหมาะสมอยู่ในช่วง 45-65 องศาเซลเซียส

Table 1 Purification steps of alpha- Amylase from Namdogmai Mango and Ok-rong Mango

Purification Steps	Volume (ml)	Total activity (Units/ml)	Total protein (mg)	Specific activity (U/mg)	Yield %	Purification fold
Namdogmai Mango						
Crude protein extract	400	37.5	2.068	18.13	100	1
Affinity chromatography	4	3.75	0.03	125	10	6.89
Ok-rong Mango						
Crude protein extract	500	40	11.1	3.60	100	1
Affinity chromatography	20	5	0.15	33.33	4	9.25

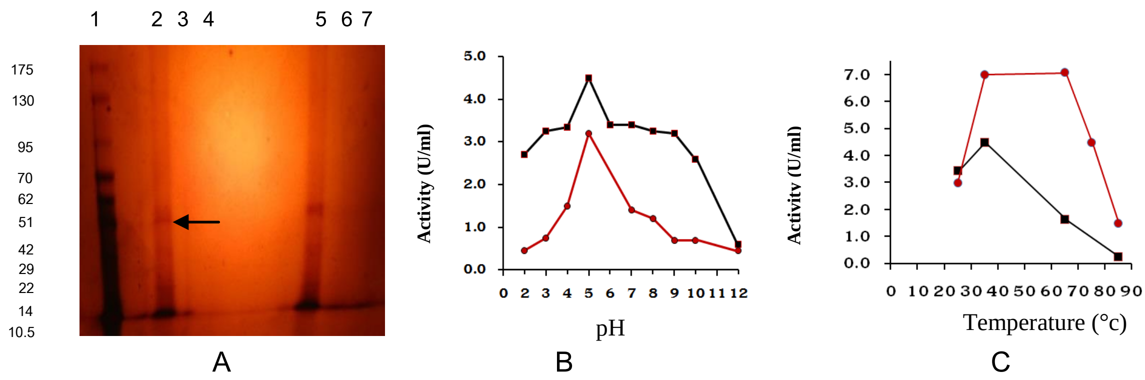


Figure 1 A; Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis patterns analysis. Lane (1) Molecular weight standard marker proteins, Lane (2) crude protein extraction from Namdogmai Mango, Lane (3,4) α-amylase from Namdogmai Mango purified by affinity chromatography, Lane (5) crude protein extraction from Ok-rong Mango, Lane (6,7) α-amylase from Ok-rong Mango purified by affinity chromatography, B and C; A comparision between of the alpha amylases from Namdogmai Mango and Ok-rong Mango showed the pH and temperature activity curves. [■]Namdogmai Mango , [●]Ok-rong Mango

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่งเสริมการวิจัยจากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

เอกสารอ้างอิง

Gupta, R., Gigras, P., Mohapatra, H., Goswami, V.K and Chauhan, B. 2003, Microbial α-amylase: a biotechnological perspective, Process Biochemistry, 38:1599-1616.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A., Land Randall, R.J., 1951, Protein measurement with the folin phenol reagent, Journal Biological Chemistry 193: 265-275.

Laemmli, U.K., 1970, Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4, Nature, 277: 680-685.

Megazyme, 2006, Assay of Alpha-amylase Using Red-Starch, Megazyme International Ireland, Bray Business Park, Bray,Co. Wicklow, Ireland.

Yasin, M., Salim and Chaudhary A.H., 1981, Characterization of amylase from mango. Pakistan Journal Agricultural Research. 2: 20–3.

พรชัย เหลืองบริสุทธิ์ ภัชรี สิทธิกิจโยธิน รัชนี ไสยประจง และ สุรพงษ์ พินิจกลาง, 2555, การทำให้บริสุทธิ์บางส่วนของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสจากมะม่วงน้ำดอกไม้, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2): 125-128

การตรวจสอบปริมาณสารวานิลลินในฝักวานิลลาบ่มอย่างไม่ทำลายด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

Nondestructive Detection of Vanillin Content in Cured Vanilla Beans Using Near Infrared Spectroscopy

พีรณัฐ ทวีชลพิสิฐ[1] วรรณพร พงษ์อภัย[1] รณฤทธิ์ ฤทธิรณ[2] เฉลิมชัย วงษ์อารี[3] ธิติมา วงษ์ชีรี[4] และ กานดา เลิศลดาลักษณ์[1]

Taveechonpisit, P.[1], Pongarpi, W.[1], Rittiron, R.[2], Wongs-Aree, C.[3], Wongsheree, T.[4] and Lerdladalax, K.[1]

Abstract

Vanillin content is a major indicator for cured bean quality. The traditionally quantitative detection of vanillin from cured beans is conducted by randomly analyzing from bean bulk using destructive methods which is failed to report individually. Therefore, the objective of this study was to evaluate the possibility of use of near infrared spectroscopy (NIRS) technique for nondestructively detecting vanillin content in cured beans. Eighty-four cured beans separated into 2 groups of 51 beans for calibration set and 33 beans for validation set were individually scanned for the spectra or absorbance by a portable NIR spectrometer in reflection mode at the wavelength region of 588 to 1,100 nm. Afterward each bean was then quantitatively analyzed for the vanillin content using HPLC. NIR spectra were brought to make a calibration equation with corresponding vanillin content from chemical analysis by Multiple Linear Regression (MLR) when variables were selected by stepwise method. The equation of vanillin determination was high accuracy with a correlation coefficient (R) of 0.91, standard error of calibration (SEC) = 1.38%, standard error of prediction (SEP) = 1.79%, and Bias = -0.155%. The responses at the wavelength of 866, 821 and 588 nm were influenced on the equation identified as absorption band of vanillin, cellulose and peel color, respectively. The result indicates that NIRS has a sufficient accuracy for quantitative evaluation of vanillin content rapidly and nondestructively in cured vanilla beans.

Keywords: cured vanilla bean, vanillin, NIR

บทคัดย่อ

วานิลลินเป็นสารให้กลิ่นหลักและเป็นดัชนีคุณภาพของฝักวานิลลาบ่ม แต่การวัดปริมาณสารแบบมาตรฐานต้องทำลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์และได้ข้อมูลเชิงปริมาณแบบสุ่ม ซึ่งไม่สามารถระบุปริมาณสารแบบฝักต่อฝักได้ วัตถุประสงค์การศึกษาครั้งนี้คือ ประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจวัดปริมาณสารวานิลลินในฝักวานิลลาบ่มด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี โดยตรวจวัดสเปกตรัมหรือค่าการดูดกลืนแสงของฝักวานิลลาบ่มด้วยเครื่อง NIR Spectrometer แบบพกพาในระบบสะท้อนกลับ ที่ช่วงความยาวคลื่น 588-1,100 nm จำนวน 84 ฝัก โดยแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ calibration set จำนวน 51 ฝักและ validation set จำนวน 33 ฝัก และวิเคราะห์ปริมาณวานิลลินในแต่ละฝักด้วยเครื่อง HPLC จากนั้นสร้างสมการเทียบมาตรฐานความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างค่าสเปกตรัมกับค่าวิเคราะห์ทางเคมีโดยใช้สมการถดถอยเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression) และวิธีการเลือกตัวแปรแบบเป็นขั้นตอน (stepwise) สมการที่ได้จากการศึกษามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.94 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนาย 1.38 และ1.79% ในกลุ่ม calibration และ prediction ตามลำดับ และค่า Bias = -0.155% การตอบสนองที่ความยาวคลื่น 866, 821 และ 588 nm มีอิทธิพลต่อสมการซึ่งเป็นตำแหน่งการดูดกลืนของ สารวานิลลิน เซลลูโลสและสีฝักตามลำดับ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี มีความแม่นยำเพียงพอต่อการประยุกต์ใช้ในตรวจวัดปริมาณวานิลลินในฝักวานิลลาบ่มอย่างไม่ทำลายและรวดเร็ว

คำสำคัญ: ฝักวานิลลาบ่ม วานิลลิน NIR

[1] โครงการสนับสนุนการจัดตั้งห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัย (โครงการ วมว.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[1] Darunsikkhalai School for Innovative Learning, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[2] Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphangsean campus, Nakhon Pathom 73140

[3] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[3] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

[4] สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[4] Institue for Scientific and Technological Research and Services, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

คำนำ

ฝักวานิลลาบ่มจัดเป็นเครื่องเทศที่มีมูลค่าต่อหน่วยแพงเป็นอันดับต้นๆ ของโลก กลิ่นวานิลลาประกอบด้วยสารมากกว่า 250 ชนิด โดยมีสารให้กลิ่นหลัก คือ วานิลลิน (vanillin; 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde) ปริมาณวานิลลินถูกจัดเป็นเกณฑ์ที่ใช้กำหนดคุณภาพของฝักที่สำคัญอย่างหนึ่ง (Ranadive, 2011) การวิเคราะห์ปริมาณวานิลลินที่เป็นมาตรฐานวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (Odoux และ Grisoni, 2010) แต่ต้องใช้เวลานานและทำลายตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ อีกทั้งไม่สามารถรับรองคุณภาพฝักวานิลลาแต่ละฝักได้ทุกฝัก ส่วนเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (NIRs) เป็นเทคนิคการทดสอบที่ไม่ทำลายตัวอย่างที่มีการค้นคว้าและพัฒนาอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน สามารถตรวจวิเคราะห์ได้รวดเร็ว และสามารถใช้ทดแทนการวิเคราะห์ทางเคมีได้ ตัวอย่างเช่น การตรวจสอบปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์ปลาทูน่า (ศุทธหทัย และคณะ, 2554) การศึกษานี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ตรวจวิเคราะห์ปริมาณวานิลลินของฝักวานิลลาบ่มโดยใช้ NIRs

อุปกรณ์และวิธีการ

นำฝักวานิลลาพันธุ์ *Vanilla planifolia* Andrews. ที่ผ่านกรรมวิธีการบ่มมาแล้ว จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง จ.เชียงใหม่ ซึ่งเก็บเกี่ยวในฤดูการผลิตปี 2555 จำนวน 84 ฝัก มาวัดสเปกตรัมในระบบสะท้อนกลับ ด้วยเครื่อง NIR Spectrometer แบบพกพา รุ่น FQA-NIRGUN วัดสเปกตรัม ที่ช่วงความยาวคลื่น 588-1,100 nm นำตัวอย่างฝักวานิลลาที่วัดสเปกตรัมแล้ว มาหั่นและบดสกัดตัวอย่าง ตามวิธีการของ Sreedhar และคณะ (2007) แล้ววิเคราะห์ปริมาณสารวานิลลินด้วยเครื่อง HPLC (Shimazu model LC-20AT, Japan) เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารวานิลลิน (Sigma Co. Ltd.) ความเข้มข้น 1-100 mg/L หาค่าความสัมพันธ์ของค่าสเปกตรัมกับค่าทางเคมีของฝักวานิลลาบ่มแต่ละฝักโดยการสร้างสมการเทียบมาตรฐาน ด้วยวิธีสมการถดถอยเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression: MLR) ใช้วิธีการเลือกตัวแปรแบบเป็นขั้นตอน (stepwise) โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นสองกลุ่ม คือ calibration set จำนวน 51 ฝัก เพื่อใช้ในการสร้างสมการเทียบมาตรฐาน และ validation set จำนวน 33 ฝัก เพื่อใช้สำหรับทดสอบความแม่นยำของสมการ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 19

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้อมูลจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสเปกตรัมของฝักวานิลลาบ่ม จำนวน 84 ตัวอย่าง พบว่าสเปกตรัมเกิดปรากฏการณ์เลื่อนตัว (baseline shift) ทำการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับสอง (second derivative) ทำให้สเปกตรัมเลื่อนตัวชิดกันมากขึ้น สามารถลดอิทธิพลของ baseline shift ได้ (Figure 1) เมื่อกำหนดให้ค่าการดูดกลืนแสงเป็นตัวแปรอิสระ และข้อมูลปริมาณวานิลลินจากการวิเคราะห์ทางเคมีของตัวอย่างฝักวานิลลาบ่มเป็นตัวแปรตาม ซึ่งมีปริมาณวานิลลินในฝักวานิลลาบ่ม อยู่ในช่วง 0.31-1.62% นำตัวแปรทั้งสองมาหาความสัมพันธ์ด้วยเทคนิคทางสถิติ เพื่อสร้างสมการ calibration และสร้างสมการที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทำนายปริมาณวานิลลินในฝักวานิลลาบ่ม (Table 1) เมื่อนำค่าที่ทำนายได้มาพล็อตกราฟกับค่าจริง สามารถสร้างสมการเชิงเส้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient: R) เท่ากับ 0.94 และค่าความคลาดเคลื่อนจากการประเมิน (Standard Error of Calibration: SEC) เท่ากับ 1.38% และเมื่อทดสอบความแม่นยำของสมการกับตัวอย่าง validation set มีค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนาย (Standard Error of Prediction: SEP) = 1.79% และค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (Bias) ระหว่างค่าที่ทำนายได้จากสมการ calibration กับค่าจริงเท่ากับ -0.155% โดยค่าทำนายจากสมการเทียบมาตรฐานทั้งสองสมการไม่แตกต่างจากค่าจริงที่วิเคราะห์ได้จากวิธีมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สมการที่ดีที่สุดจากการสร้างสมการด้วยโปรแกรม SPSS คือ $y = 3.139 + 442.356A_{588} - 5074.548A_{866} + 1638.868A_{821}$ ตัวแปร A_x แต่ละตัวในสมการแทนด้วยค่าการดูดกลืนที่ปรับแต่งด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับสองที่ ความยาวคลื่น x nm โดยความยาวคลื่นที่ 866 nm เป็นความยาวคลื่นที่มีอิทธิพลมากที่สุด ซึ่งมาจากการที่สัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรนี้มีค่ามากกว่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอื่น นอกจากนี้การตรวจสอบสเปกตรัมของวานิลลินบริสุทธิ์ พบว่ามีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 866 nm (Figure 2) ส่วนความยาวคลื่นที่ 588 และ 821 nm เป็นช่วงความยาวคลื่นการดูดกลืนของสีเปลือกฝักและสารเซลลูโลส ตามลำดับ ซึ่งในฝักวานิลลาบ่มมีสารเซลลูโลสประมาณ 15 – 30 % (Centre for E-learning, Kerala Agricultural University, 2013)

สรุปผล

การตรวจสอบการดูดกลืนแสงของสเปกตรัมย่านความยาวคลื่นแสงสูงของฝักวานิลลาบ่มด้วยเครื่อง เครื่อง NIR Spectrometer แบบพกพา เปรียบเทียบกับปริมาณของสารวานิลลินในฝักนั้นที่สกัดและวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมี แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์อย่างสูงของการตอบสนองของสเปคตรัมที่ความยาวคลื่น 866 nm กับปริมาณสารวานิลลินในฝัก โดยค่าทางสถิติในการค่าทำนายปริมาณสารวานิลลินในฝักวานิลลาบ่มจากเทคนิค NIRS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีจริงด้วยเทคนิค HPLC ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้อย่างมากในการนำเทคนิค NIRs นี้มาใช้ทำนายปริมาณวานิลลินในฝักวนิลลาบ่มแทนการวิเคราะห์ทางเคมีโดยวิธีมาตรฐานด้วยเครื่อง HPLC

คำขอบคุณ

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย ที่ได้รับการสนับสนุนทุนจากสำนักคณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ (วช.) งบประมาณปี 2555 ภายใต้โครงการสนับสนุนการวิจัยขยายผลสู่การปฏิบัติและพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์ ห้องปฏิบัติการ Near Infrared Technology ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สนับสนุนเครื่องมือและให้คำปรึกษาในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ศุทธหัย โภชนากรณ์ รณฤทธิ์ ฤทธิรณ ทรงยศ เหลืองวิชชเจริญ และสุรีพร ณรงค์วงศ์วัฒนา, 2554, การวิเคราะห์ปริมาณเกลือในทูน่าด้วยเทคนิค Near Infrared (NIR) Spectroscopy, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3): 749-752.

Centre for E-learning, Kerala Agricultural University, 2013, Vanilla Composition and Vanillin content [Online], Available: http://www.celkau.in/Crops/Spices/Vanilla/vanilla_composition_and_vanillin_content.aspx

Havkin-Frenkel, D. and Belanger, F.C., 2007, Application of metabolic engineering to vanillin biosynthetic pathways in *Vanilla planifolia*. In Verpoorte, R. (ed.), Applications of Plant Metabolic Engineering, Spinger, p. 175-196.

Odoux, E. and Grisoni, M., 2010, Vanilla- Medicinal and Aromatic Plants-Industrial Profiles, CRC Press, New York, 387 p.

Ranadive, A.S., 2011, Quality Control of Vanilla Beans and Extracts. In Havkin-Frenkel, D. and Belanger., F.C. (eds.), Handbook of Vanilla Science and Technology, Blackwell, Oxford, p. 141-161.

Sreedhar, R.V., Roohie, K., Maya, P., Venkatachalam, L., Narayan, M.S. and Bhagyashmi, N., 2007, Specific pretreatments reduce curing period of vanilla (*Vanilla planifolia*) beans, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55:2947-2955.

Table 1 Characteristics of calibration and validation sets of cured vanilla beans

Set	N	Vanillin (%)	Mean	Std. dev.
Calibration	51	0.31-1.62	0.78	3.31
Validation	33	0.44-1.56	0.77	3.05

N: number of sample.

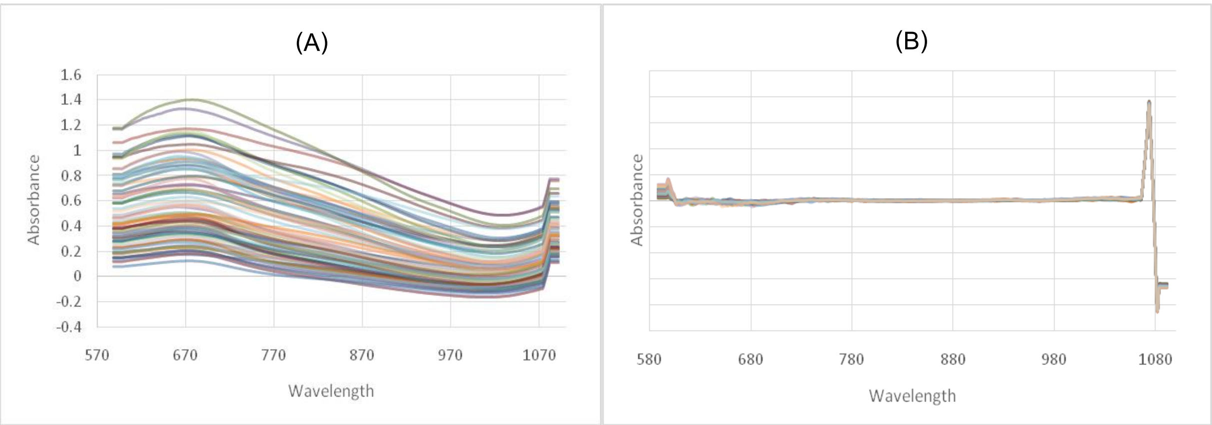


Figure 1 Original spectra (A) and second derivative (B) spectra of cured vanilla bean in the wavelength region of 588-1100 nm

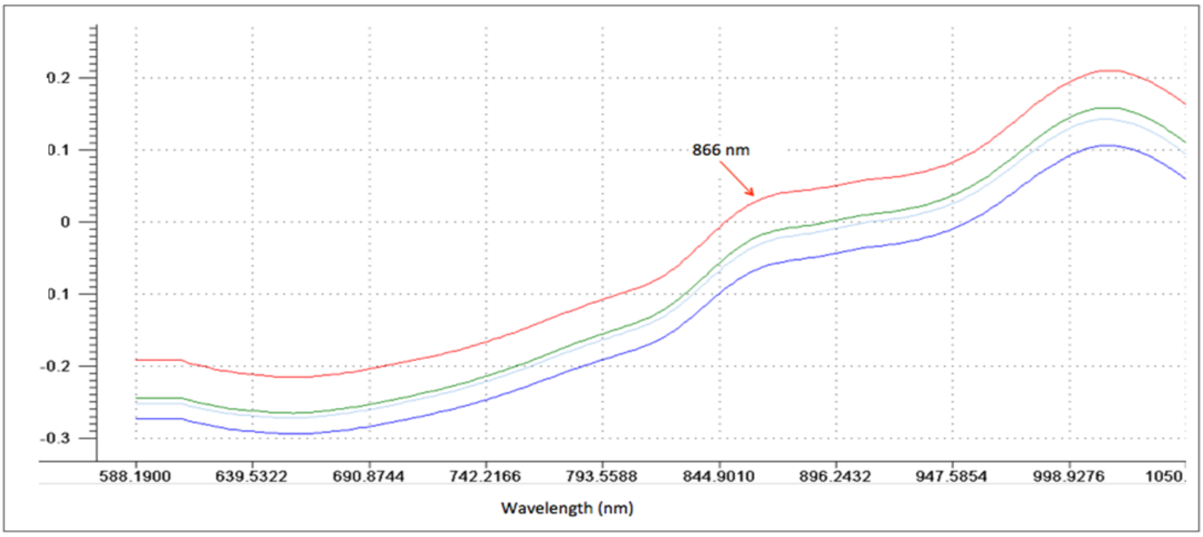


Figure 2 The spectra of vanillin standard (Sigma, Co. Ltd.) at 0-100 mg/ml analyzed by FT-NIR spectrometry

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองในจังหวัดกาญจนบุรี โดยคุณค่าทางโภชนาการ

Genetic Diversity of Local Upland Rice Varieties in Kanchanaburi Province based on Nutritional Value

ชลธิรา แสงศิริ[1] อังค์วรา จิระมงคล[1] บุรินทร์ แสงสุข[2] ธีรยุทธ ดลเอี่ยม[3] และ ธนพร ขจรผล[3]

Sangsiri, C.[1], Chiramongkol, A.[1], Seangsuk, B.[2], Dol-eiam, T.[3] and Kajonphol, T.[3]

Abstract

The local upland rice (*Oryza sativa* L.) is an important genetic resource which also has outstanding characteristics such as resistance to diseases and insects. This research was aimed to study the genetic diversity of the thirty-two local upland rice varieties in Kanchanaburi province and eight varieties from Northern and Northeastern Thailand based on analyzed the nutritional values in seed viz. Zn, Fe, Mg, Ca and K by Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). The experimental design was completely randomized design (CRD) with 3 replications and grouping varieties by UPGMA based on similarity ratio of the Euclidean distance coefficient. The results showed that KYR5 and BBJ varieties on the highest content of Zn with 1.29 ppm. Moreover, the highest content of Fe, Mg, Ca and K are 3.56 ppm of HR2, 80.10 ppm of BBJ, 3.42 ppm of SKNSP and 112.17 ppm of UPLR No3 (white), respectively. The clustering result was grouped into 3 groups and one distinct NUR8 variety having the highest Ca content. The first group consisted of ten varieties which have the highest content of Zn, Fe and Mg. The second group consisted of twenty varieties which have the low nutritional contents. Finally, the third group consisted of nine varieties which have the highest K content.

Keywords: diversity, local upland rice, Kanchanaburi province, nutritional value

บทคัดย่อ

ข้าวไร่พื้นเมือง (*Oryza sativa* L.) เป็นแหล่งพันธุกรรมที่สำคัญ นอกจากนี้ยังมีลักษณะที่โดดเด่น เช่น ต้านทานโรคและแมลง การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวไร่พื้นเมืองในจังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 32 พันธุ์ และ 8 พันธุ์ จากภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ตามลำดับ โดยการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการจากเมล็ด ได้แก่ Zn Fe Mg Ca และ K โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) 3 ซ้ำ และทำการจัดกลุ่มพันธุ์ด้วย UPGMA โดยใช้ค่า similarity ของ Euclidean distance coefficient ผลการศึกษาพบว่าพันธุ์ KYR5 และพันธุ์ BBJ มีปริมาณ Zn สูงที่สุด 1.29 ppm ส่วนพันธุ์ HR2 มีปริมาณ Fe สูงที่สุด 3.56 ppm พันธุ์ BBJ มีปริมาณ Mg สูงที่สุด 3.56 ppm พันธุ์ SKNSP มีปริมาณ Ca สูงที่สุด 80.10 ppm และพันธุ์ UPLRNo3W มีปริมาณ K สูงที่สุด 112.17 ppm ผลการจัดกลุ่มด้วย UPGMA พบว่า สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม และมี 1 พันธุ์ที่แตกต่างออกมาคือ พันธุ์ NUR8 มีปริมาณ Ca สูงที่สุด โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย 10 พันธุ์ มีปริมาณ Zn, Fe และ Mg สูงสุด กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย 20 พันธุ์ มีปริมาณแร่ธาตุที่ต่ำ และกลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย 9 พันธุ์ มีปริมาณ K สูงที่สุด

คำสำคัญ: ความหลากหลาย ข้าวไร่พื้นเมือง จังหวัดกาญจนบุรี คุณค่าทางโภชนาการ

คำนำ

ข้าวไร่ (upland rice) เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนที่ราบและที่ลาดชัน ไม่ต้องการคันนากักเก็บน้ำ เพราะไม่ชอบน้ำขังในระยะที่มีการเจริญเติบโต (อรรควุฒิ, 2526) การปลูกข้าวไร่จึงเป็นการปลูกข้าวที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ข้าวไร่เป็นข้าวพันธุ์ที่ทนแล้ง สามารถปลูกได้ทั่วไปเกือบทุกทวีป เช่น เอเชีย แอฟริกา และอเมริกาใต้ (เรวัต, 2525) ในประเทศไทยมักปลูกข้าว

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จ. กาญจนบุรี 71150

[1] Agricultural Sciences Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 71150

[2] งานวิจัยและส่งเสริมวิชาการ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จ. กาญจนบุรี 71150

[2] Research and Extension Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 71150

[3] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

[3] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, 47000

ไร่ตามไหล่เขา ที่ราบเชิงเขา ทั้งทางภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และตะวันออกเฉียงเหนือ ข้าวพันธุ์พื้นเมืองเป็นแหล่งยีนที่สำคัญแม้ว่าจะมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การชูรวงไม่ดี เมล็ดมีสีของรงค์วัตถุ บางพันธุ์เมล็ดมีหางยาว ต้นสูงเป็นปัญหาทำให้เกิดการหักล้ม หรือเมล็ดมีระยะการพักตัวนาน แต่ก็มีข้อดีที่เป็นเอกลักษณ์ของข้าวพันธุ์พื้นเมือง คือ มีความต้านทานต่อโรคและแมลง หรือทนทานต่อน้ำท่วม ทนแล้ง มีความสามารถในการแข่งขันกับวัชพืชได้ดี (Chang, 1976) นอกจากนี้ข้าวพันธุ์พื้นเมืองยังมีรสชาติอร่อย มีสารอาหารบางชนิดสูง และเจริญเติบโตได้ในดินที่มีธาตุอาหารต่ำ (Tripathy และคณะ, 2005) ในจังหวัดกาญจนบุรีส่วนใหญ่มีสภาพภูมิประเทศเป็นทิวเขา หุบเขา และที่ราบลุ่มแม่น้ำ และมีชนเผ่าอาศัยจำนวนหลากหลายชนเผ่า เช่นมอญ กระเหรี่ยง ดังนั้นในการปลูกข้าวพันธุ์ต่างๆ ของในแต่ละชนเผ่าจึงมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความชอบในเรื่องรสชาติ และการปรับตัวของข้าวแต่ละพันธุ์ จึงส่งผลต่อความหลากหลายของข้าวแต่ละพันธุ์ที่ยังคงอยู่ในพื้นที่ ความหลากหลายของพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองจึงเป็นแหล่งพันธุกรรมที่สำคัญในการสร้างพัฒนาพันธุ์ใหม่การวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมือง และศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวไร่พื้นเมืองในจังหวัดกาญจนบุรี เพื่อที่จะนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างพันธุ์ข้าวไร่ 40 พันธุ์ ประกอบด้วย ข้าวไร่จาก อ.บ้องตี้ จ.กาญจนบุรี 23 พันธุ์ ข้าวไร่จากหมู่บ้านมอญ อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี 7 พันธุ์ ข้าวไร่จาก อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี 1 พันธุ์ ข้าวไร่จาก จ.เชียงใหม่ 5 พันธุ์ ข้าวไร่จาก จ.อุบลราชธานี 1 พันธุ์ ข้าวไร่จาก จ.เลย 2 พันธุ์ คือพันธุ์ซิวขน (SKNSP) และพันธุ์ซิวเกลี้ยง (SKSP) และพันธุ์ลืมผัว (LP) จากจังหวัดตาก 1 พันธุ์ โดย 3 พันธุ์ดังกล่าวใช้เป็นพันธุ์ควบคุม ทำการปลูก ณ แปลงทดลองมหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี ช่วงเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2555 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 และนำเมล็ดของแต่ละพันธุ์มาทำการวิเคราะห์แร่ธาตุ Fe, Mg, Zn, Ca, K นำเมล็ดข้าวแยกพันธุ์ สุ่มเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำ แล้วนำแป้ง 1.5 กรัม มาย่อยด้วยวิธีการ wet digestion ด้วยกรดผสม HNO_3 - $HClO_4$ (2:1 v/v) 10 ml ปรับปริมาตร เป็น 25 ml แล้วนำไปวัดหาค่า โดยใช้เครื่อง AAS (Atomic Absorption Spectroscopy) ณ ห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี และศูนย์เครื่องมือกลาง มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 3 ซ้ำ นำข้อมูลปริมาณแร่ธาตุ มาวิเคราะห์จัดกลุ่ม โดยใช้ค่า Euclidean distance coefficient โดยวิเคราะห์หาค่า similarity แล้วทำการจัดกลุ่มโดยใช้ Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA) โดยใช้โปรแกรม XL-stat 2012

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์กลุ่ม ทำการจัดกลุ่มประชากรโดยใช้ลักษณะคุณค่าทางโภชนาการ 5 ลักษณะ คือ ธาตุ Fe, Mg, Zn, Ca, K ด้วย UPGMA โดยใช้ค่า similarity ที่ 0.996 สามารถแบ่งกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ได้แก่ พันธุ์ BBJ พันธุ์ EWR10 พันธุ์ RR3 พันธุ์ KR7 พันธุ์ HR2 พันธุ์ KR8 พันธุ์ KYR5 พันธุ์ RGCR2 พันธุ์ RR1 และพันธุ์ HR16 โดย ปริมาณ Zn, Fe และ Mg มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 0.83 ppm 1.52 ppm และ 59.44 ppm ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 ได้แก่ พันธุ์ KCMSP พันธุ์ UPLRNo3R พันธุ์ RR11 พันธุ์ RR12 พันธุ์ KYR15 พันธุ์ KYR17 พันธุ์ NPNSP พันธุ์ HR4 พันธุ์ HR13 พันธุ์ KKR13 พันธุ์ HR18 พันธุ์ TRR10 พันธุ์ HR19 พันธุ์ HR6 พันธุ์ KYR14 พันธุ์ HMLR9 พันธุ์ KYR20 พันธุ์ NNR2 พันธุ์ NPR19 และพันธุ์ NPR22 มีค่าเฉลี่ยปริมาณ Zn, Fe, Mg, Ca และ K ใกล้เคียงกันและปริมาณต่ำ กลุ่มที่3 ได้แก่ พันธุ์ PR12 พันธุ์ KKR26 พันธุ์ LP พันธุ์ SKNSP พันธุ์ NNR1 พันธุ์ KWBSP พันธุ์ SKSP พันธุ์ NNR27 และพันธุ์ UPLRNo3W มีปริมาณ K เฉลี่ยสูงสุด คือ 87.20 ppm กลุ่มที่ 4 ได้แก่ พันธุ์ NUR8 มีปริมาณ Ca เฉลี่ยสูงสุด คือ 2.49 ppm

วิจารณ์ผล

ผลการทดลองจากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของพันธุ์ข้าวทั้ง 40 พันธุ์ พบว่า ปริมาณ Fe อยู่ในช่วง 0.61 – 3.56 ppm ปริมาณ Zn อยู่ในช่วง 0.39 – 1.29 ppm และปริมาณ Ca อยู่ในช่วง 1.76 – 3.42 ppm ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ Juliano (1993) ที่ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าว รายงานว่า ปริมาณ Fe จะอยู่ในช่วง 0.021 – 0.09 ppm ปริมาณ Zn อยู่ในช่วง 0.026 – 0.046 ppm และปริมาณ Ca อยู่ในช่วง 0.15 – 1.2 ppm

ผลการทดลองจากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของพันธุ์ข้าวทั้ง 40 พันธุ์ พบว่า ปริมาณ Zn สูงที่สุดอยู่ที่ 1.29 ppm ปริมาณ Fe สูงที่สุดอยู่ที่ 3.56 ppm ปริมาณ Mg สูงที่สุดอยู่ที่ 80.1 ppm ปริมาณ Ca สูงที่สุดอยู่ที่ 3.42 ppm และปริมาณ K สูงที่สุดอยู่ที่ 112.17 ppm ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ งานวิจัยของ FAO (2004) ที่ได้ศึกษาสารอาหารที่มีอยู่ในข้าวขาว

และข้าวสีต่างๆ รายงานว่า ข้าวขัดสีมีปริมาณ Fe 1.2 ppm Zn 0.5 ppm ข้าวสีน้ำตาลมีปริมาณ Fe 2.2 ppm Zn 0.5 ppm ข้าวสีแดงมีปริมาณ Fe 5.5 ppm Zn 3.3 ppm ข้าวสีม่วงมีปริมาณ Fe 3.9 ppm Zn 2.2 ppm และข้าวสีดำมีปริมาณ Fe 3.5 ppm และแตกต่างจากงานวิจัยของ สุนทร (2553) ที่ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของข้าวดิบชนิดต่างๆ ได้แก่ ข้าวขาว ข้าวกล้อง ข้าวเหนียว และข้าวมันปู พบว่า ข้าวขาว มีปริมาณ Zn 0.48 ppm Fe 1.2 ppm Mg 27 ppm Ca 6 ppm และ K 121 ppm ข้าวกล้อง มีปริมาณ Zn 0.49 ppm Fe 1.3 ppm Mg 60 ppm Ca 9 ppm และ K 144 ppm ข้าวเหนียว มีปริมาณ Ca 7 ppm และข้าวมันปู มีปริมาณ Ca 16 ppm

จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ของพันธุ์ที่มีชื่อเดียวกันจากแต่ละสถานที่ พบว่า พันธุ์นั้นมีความหลากหลายภายในพันธุ์เอง รวมทั้งในการจัดกลุ่มประชากรด้วย UPGMA โดยใช้ค่า similarity นั้นก็ให้ผลสอดคล้องกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pusadee และคณะ (2009) ที่ได้ทำการศึกษาในข้าวไร่พันธุ์ Bue Chomee ของกะเหรี่ยงในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีความหลากหลายภายในพันธุ์เดียวกัน ดังนั้นพันธุ์ที่มีชื่อเดียวกันจึงไม่สามารถใช้ในการบ่งบอกถึงความหลากหลายและการแบ่งแยกลักษณะได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bajracharya และคณะ (2006) ที่ได้ศึกษาความหลากหลายทางด้านพันธุกรรมของข้าวพันธุ์พื้นเมืองในบริเวณพื้นที่สูงของประเทศเนปาล พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพียง 16 ลักษณะ สามารถใช้ในการศึกษาความหลากหลายทางด้านพันธุกรรมได้ จากการศึกษาสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์ใหม่ในอนาคตได้

สรุปผล

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการโดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (Atomic Absorption Spectroscopy:AAS) พบว่าพันธุ์ที่มีปริมาณ Zn มากที่สุด 1.29 ppm ได้แก่ พันธุ์ KYR5 และพันธุ์ BBJ พันธุ์ที่มีปริมาณ Fe มากที่สุด 3.56 ppm ได้แก่ พันธุ์ HR2 ส่วนพันธุ์ BBJ ที่มีปริมาณ Mg มากที่สุด 80.10 ppm พันธุ์ SKNSP มีปริมาณ Ca มากที่สุด 3.42 ppm และพันธุ์ UPLRNo3Wมีปริมาณ K มากที่สุด 112.17 ppm

ผลการจัดกลุ่มด้วย UPGMA โดยใช้ค่า similarity ที่ระดับ 0.996 พบว่า สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม และมี 1 พันธุ์ที่แตกต่างออกมาคือ พันธุ์ NUR8 โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย 10 พันธุ์ ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีปริมาณ Zn, Fe และ Mg สูง กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย 10 พันธุ์ ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีปริมาณคุณค่าทางโภชนาการต่ำ และกลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย 9 พันธุ์ ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีปริมาณ K สูง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนและวัสดุอุปกรณ์ในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร ที่อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่กะเหรี่ยงบางพันธุ์ ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.จิรวัฒน์ สนิทชน สาขาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองจากภาคเหนือของประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

เรวัต จิระสถาวร, 2525, ข้าวไร่, โครงการพัฒนาที่ดินเพื่อการเกษตรภาคเหนือ, กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สุนทร ตรีนันทวัน, 2553, คุณค่าทางโภชนาการของข้าว [สืบค้น], http://www.scimath.org/biologyarticle/item/517-nutritional [2/ May /13].

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2526, เรื่องของข้าว, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 314 หน้า.

Bajracharya, J., Steele, K.A., Jarvis, D.I., Sthapit, B.R. and Witcombe, J.R., 2006, Rice landrace diversity in nepal: variability of agro-morphological traits and ssr markers in landraces from a high-altitude site, Field Crops Research, 95:327-335.

Chang, T.T, 1976, The origin, evolution, cultivation, dissemination and diversification of asia and african rice, Euphytica, 25:425-441.

FAO, 2004, The State of Food Insecurity in the World (SOFI) 2004. [Online], Available: http://www.fao.org/docrep/007/y5650e/y5650e00.htm [May 2, 2013].

Juliano, B.O, 1993, Rice in Human Nutrition, FAO Food and Nutrition Series, No.26, The International Rice Research Institute (IRRI), Laguna, and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 254 p.

Pusadee, T.S., Jamjod, Y., Chiang, Rerkasem, B., and Schaal, B., 2009, Genetic Structure and Isolation by Distance in Landrace of Thai rice, Proceedings of the National Academic of Sciences of the United State of America, 106(33):13880-13885.

Tripathy, S., Gurung, P. and Sharma, S.D., 2005, Intellectual property contribution with regard to rice genetic resources by tribes of South Orissa, India, Plant Genetic Resources Newsletter, 141:61-64.

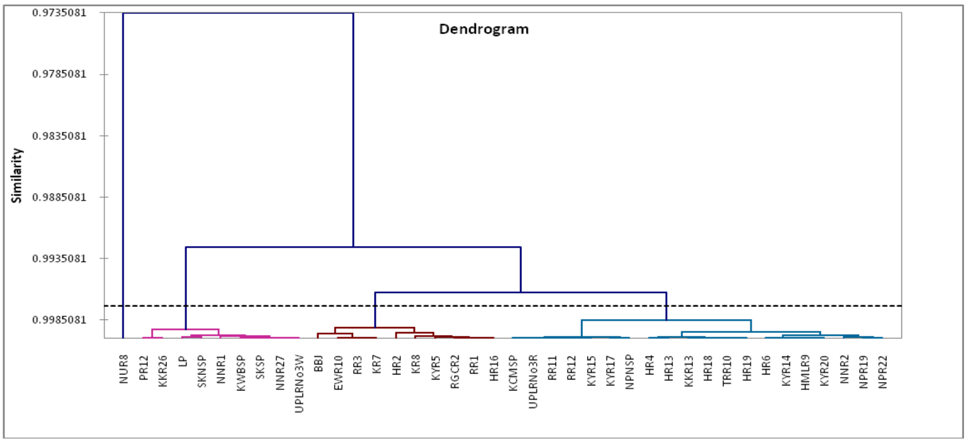


Figure 1 UPGMA dendrogram revealing clusters of 40 upland rice landraces.

Table 1 Amount of Zn, Fe, Mg, Ca and K contents in group 1 which consisted of ten varieties of rice.

Varieties	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)
BBJ	1.29	1.10	80.10	1.82	107.50
EWR10	0.60	0.92	48.87	2.24	67.90
RR3	0.58	1.15	64.81	1.73	90.46
KR7	0.90	1.50	65.98	2.47	92.27
HR2	0.65	3.56	51.58	2.12	74.21
KR8	0.66	1.17	48.39	2.74	70.32
KYR5	1.29	1.84	53.9	1.63	79.90
RGCR2	0.56	1.62	51.11	2.00	75.33
RR1	0.81	1.15	61.37	2.15	90.47
HR16	0.95	1.16	68.22	2.72	100.32
Average	0.83	1.52	59.44	2.16	84.87

Table 3 Amount of Zn, Fe, Mg, Ca and K contents in group 3 which consisted of nine varieties of rice.

Varieties	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)
PR12	0.50	1.07	34.38	2.06	69.78
KKR26	0.63	0.71	30.50	1.64	61.77
LP	0.70	0.89	56.52	1.93	103.83
SKNSP	0.61	1.49	51.19	3.42	94.55
NNR1	0.54	0.66	36.23	2.04	70.93
KWBSP	0.56	0.77	51.18	1.89	98.55
SKSP	0.90	0.93	55.16	1.98	105.17
NNR27	0.42	0.70	35.70	1.95	68.00
UPLRNo3W	0.53	0.78	59.53	2.49	112.17
Average	0.60	0.89	45.60	2.16	87.20

Table 2 Amount of Zn, Fe, Mg, Ca and K contents in group 2 which consisted of twenty varieties of rice.

Varieties	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)
KCMSP	0.87	0.87	61.41	1.94	106.00
UPLRNo3R	0.59	0.77	63.98	2.06	111.10
RR11	0.45	0.61	39.86	1.91	69.29
RR12	0.45	0.76	37.10	1.71	64.37
KYR15	0.83	1.25	44.59	2.18	77.24
KYR17	0.73	1.05	38.84	2.64	67.73
NPNSP	0.48	0.77	56.88	2.64	100.76
HR4	0.87	0.84	54.23	1.64	83.43
HR13	0.65	0.79	52.03	1.90	79.92
KKR13	0.75	0.89	45.50	2.78	69.81
HR18	0.59	0.81	40.73	2.02	63.91
TRR10	0.46	0.67	44.68	1.99	69.3
HR19	0.65	0.69	49.18	2.05	76.32
HR6	0.54	0.87	51.58	1.76	83.1
KYR14	0.54	0.91	43.15	2.49	69.18
HMLR9	0.39	0.72	33.46	1.59	53.35
KYR20	0.70	0.93	46.82	2.43	74.55
NNR2	0.54	1.10	46.64	2.17	78.14
NPR19	0.56	0.84	43.09	1.91	70.53
NPR22	0.47	0.67	36.27	2.19	59.95
Average	0.61	0.84	46.50	2.10	76.40

Table 4 Amount of Zn, Fe, Mg, Ca and K contents in group 4 which consisted of a variety of rice.

Variety	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)
NUR8	0.72	0.93	27.42	2.49	70.71

ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและองค์ประกอบผลผลิตของสายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กลายพันธุ์ 5 สายพันธุ์

Harvest Ages and Yield Components of Five Mutated KDML 105 Lines

วุฒิชัย แตงทอง[1] และบุญหงษ์ จงคิด[1]
Taengthong, W.[1] and Chongkid, B.[1]

Abstract

This experiment aimed at studying the harvest-ages and yield components of five mutated KDML 105 lines induced by 20 K-rads Gamma irradiation compared with KDML 105 which was not irradiated and all rice plants were planted in March 2013. The experiment was in Completely Randomized Design (CRD) with 4 replications of 3 plants per pot. Harvest ages and yield components were recorded for the number of panicles per hill, good seeds per panicle, incomplete seeds per panicle, dry seed weight per panicle and 1000-seed weight at 14% seed moisture content. The data were analyzed using variance analysis and means were compared by Duncan's New Multiple Ranges Test (DMRT) at the 95 percent confidence level. This result showed that the mutated KDML 105 with photoperiod sensitivity could flower in March (dry season). KDML105' 10GR-TU-70-4 (NO.2) and KDML105' 10GR-TU-70-10 (NO.5) lines had the shortest harvest ages of 94 days while KDML105' 10GR-TU-70-6 (NO.3) line gave the highest dry seed weight per panicle of 2.77 ± 0.20 g while its 1000-seeds weight was 24.28 ± 0.77 g.

Keywords: harvest ages, yield components, mutated KDML 105 lines

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวและองค์ประกอบผลผลิตของสายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ถูกชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์จากการอาบรังสีแกมม่าความเข้มข้น 20 K-rads และได้รับการคัดเลือกพันธุ์ 5 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สายพันธุ์เดิมที่ไม่ผ่านการอาบรังสี โดยปลูกเดือนมีนาคม 2556 วางแผนการทดลองแบบแผน Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 3 กระถาง ๆ ละ 3 ต้น ทำการบันทึกข้อมูลระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวและองค์ประกอบผลผลิต โดยบันทึกจำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง น้ำหนักเมล็ดแห้งต่อรวงและน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ความชื้นเมล็ด 14 เปอร์เซ็นต์ นำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Ranges Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยการอาบรังสีแกมม่าความเข้มข้น 20 K-rads ทำให้พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เป็นข้าวไวต่อช่วงแสงสามารถออกดอกได้เมื่อปลูกในเดือนมีนาคม (ฤดูนาปรัง) โดยสายพันธุ์ KDML105’ 10GR-TU-70-4 (NO.2) และ KDML105’ 10GR-TU-70-10 (NO.5) มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นที่สุด คือ 94 วัน และสายพันธุ์ KDML105’ 10GR-TU-70-6 (NO.3) ให้ค่าน้ำหนักแห้งผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด โดยมีน้ำหนักเมล็ดแห้งต่อรวง เท่ากับ 2.77±0.20 กรัม และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เท่ากับ 24.28±0.77 กรัม

คำสำคัญ: อายุการเก็บเกี่ยว องค์ประกอบผลผลิต ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กลายพันธุ์

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวเป็นพืชหลัก และเป็นสินค้าภาคการเกษตรที่มีการส่งออกสูงในแต่ละปี โดยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522 เป็นต้นมา ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก (สมชาย , 2548) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพในการหุงต้มดี มีกลิ่นหอมและอ่อนนุ่ม เป็นที่นิยมบริโภคของคนไทยและชาวต่างชาติทั่วโลก (วราพงษ์ และคณะ, 2554) เนื่องจากคุณภาพการขัดสีดี เมล็ดข้าวสารจึงขาวใส แข็งแกร่ง มี

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120

[1] Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit campus, Pathumthani 12120

ท้องไข่น้อยและนวดง่าย (สมพร , 2555) และที่สำคัญ ในด้านของคุณภาพ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ จึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งยังขายได้ราคาดี และเป็นพันธุ์ที่ทนต่อดินเปรี้ยว ดินเค็ม แต่พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ยังมีจุดอ่อนในด้านของความไวต่อช่วงแสงในการออกดอก จึงทำให้ปลูกได้เพียงปีละครั้งในฤดูนาปี (ฤดูฝน) เท่านั้น นอกจากนั้นพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ยังมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ยาวนานถึง 120 – 150 วัน (จุฬาลักษณ์ , 2553) จึงทำให้เสียต้นทุนในการดูแลรักษาขณะที่อยู่ในแปลงเป็นเวลานาน การปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่เหมาะสมตามที่ต้องการเป็นแนวทางเลือกที่สำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพข้าวให้ดียิ่งขึ้นไป เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ปลูกและผู้บริโภค โดยการปรับปรุงพันธุ์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การนำพันธุ์ข้าวจากแหล่งอื่นมาปลูก การคัดเลือกพันธุ์จากพันธุ์ข้าวปลูก การผสมพันธุ์และการคัดเลือกพันธุ์ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม และอีกวิธีที่สำคัญคือการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ (นพพร , 2543) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมต่อการปลูกในสภาพแวดล้อมต่างๆ รวมทั้งฤดูกาลที่แปรปรวน การปลูกข้าวให้ได้คุณภาพดีนั้น สายพันธุ์ถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่ง (พรเพ็ญ, 2555) ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ไม่มีความไวต่อช่วงแสงในการออกดอกและมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น เพื่อให้สามารถปลูกได้ปีละหลายครั้ง รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายต่อการปลูกในแต่ละครั้ง นำไปสู่การเพิ่มปริมาณการผลิตต่อปีของข้าวที่มีคุณภาพดีอย่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 รวมถึงเป็นการเพิ่มรายได้ต่อพื้นที่และต่อปีของเกษตรกรอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองที่โรงเรือนชั้น 5 อาคารเรียน บร.5 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ช่วงเดือนมีนาคม 2556 โดยเพาะต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ถูกชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์จากการอาบรังสีแกมม่าความเข้มข้น 20 K-rads และได้รับการคัดเลือกพันธุ์ 5 สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105’ 10GR-TU-70-3 (NO.1), KDML105’ 10GR-TU-70-4 (NO.2), KDML105’ 10GR-TU-70-6 (NO.3), KDML105’ 10GR-TU-70-8 (NO.4) และ KDML105’ 10GR-TU-70-10 (NO.5) เปรียบเทียบกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (พันธุ์เดิมที่ไม่ผ่านการอาบรังสี) จนกระทั่งต้นกล้ามีอายุ 7 วัน จึงทำการย้ายปลูกลงกระถางพลาสติกบรรจุดินผสมขนาด 12 นิ้ว โดยใส่ปุ๋ยครั้งแรกสูตร 16-20-0 อัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง เมื่อต้นข้าวอายุ 10 วัน ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 สูตร 46-0-0 ผสมกับ 15-15-15 อัตราส่วน 1:1 ในอัตรา 0.25 กรัมต่อกระถาง เมื่อต้นข้าวอายุ 30 วัน และใส่ปุ๋ยแต่งหน้าสูตร 46-0-0 ผสมกับ 15-15-15 อัตราส่วน 1:1 ในอัตรา 0.25 กรัมต่อกระถาง เมื่อต้นข้าวอายุ 50 วัน พร้อมทั้งป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูข้าวที่มีการเข้าทำลายในช่วงต่างๆ ของการเจริญเติบโต วางแผนการทดลองแบบ Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 3 กระถางๆ ละ 3 ต้น

ทำการบันทึกข้อมูลระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวและองค์ประกอบผลผลิต โดยบันทึกจำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง น้ำหนักเมล็ดแห้งต่อรวงและน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ความชื้นเมล็ด 14 เปอร์เซ็นต์ นำข้อมูลที่เก็บบันทึกทั้งหมดไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Ranges Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS เวอร์ชั่น 9.0

ผลการทดลอง

จากตารางที่ 1 พบว่าสายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กลายพันธุ์ สายพันธุ์ KDML105’ 10GR-TU-70-4 (NO.2) และ KDML105’ 10GR-TU-70-10 (NO.5) มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นที่สุด คือ 94 วัน สายพันธุ์ KDML105’ 10GR-TU-70-3 (NO.1) และ KDML105’ 10GR-TU-70-8 (NO.4) มีอายุการเก็บเกี่ยว 96 วัน สายพันธุ์ KDML105’ 10GR-TU-70-6 (NO.3) มีอายุการเก็บเกี่ยว 97 วัน ส่วนสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (พันธุ์เดิมที่ไม่ผ่านการอาบรังสี) ไม่ออกรวง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบผลผลิต พบว่าสายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กลายพันธุ์ทั้ง 5 สายพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสายพันธุ์ KDML105’ 10GR-TU-70-10 (NO.5) มีจำนวนรวงต่อกอสูงสุด เท่ากับ 15.75±1.50 ส่วนสายพันธุ์ KDML105’ 10GR-TU-70-8 (NO.4) มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุด เท่ากับ 91.25±4.99 และพบว่ามีความสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงที่มีค่าน้อยสุด เท่ากับ 38.00±7.07 เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่น แต่เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของเมล็ดต่อรวงและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด พบว่าสายพันธุ์ KDML105’ 10GR-TU-70-6 (NO.3) มีค่าสูงสุด โดยมีน้ำหนักเมล็ดแห้งต่อรวง เท่ากับ 2.77±0.20 กรัม และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เท่ากับ 24.28±0.77 กรัม

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยการอาบรังสีแกรมม่าความเข้มข้น 20 K-rads ทำให้พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เป็นข้าวไวต่อช่วงแสงสามารถออกดอกได้เมื่อปลูกในเดือนมีนาคม (ฤดูนาปรัง) โดยมีอายุการเก็บเกี่ยวเร็วที่สุด 94 วัน ในสายพันธุ์ KDML105' 10GR-TU-70-4 (NO.2) และ KDML105' 10GR-TU-70-10 (NO.5) เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (พันธุ์เดิมที่ไม่ผ่านการอาบรังสี) ที่ไม่ออกดอก ผลการศึกษาในครั้งนี้จึงแสดงถึงความไม่ไวต่อช่วงแสงของสายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กลายพันธุ์ 5 สายพันธุ์ ซึ่งแตกต่างจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 สายพันธุ์เดิมที่มีความไวต่อช่วงแสง สามารถปลูกได้เพียงปีละครั้งในช่วงฤดูฝนหรือเดือนสิงหาคม (ฤดูนาปี) เท่านั้น โดยมีอายุการเก็บเกี่ยวอยู่ที่ประมาณ 120-150 วัน (จุฬาลักษณ์, 2553) และเมื่อปลูกในสภาพวันยาวระยะเวลาในการออกดอกจะล่าช้าหรืออาจไม่ออกดอก (Liang และ Lui,1983) ส่วนสายพันธุ์ KDML105' 10GR-TU-70-6 (NO.3) นั้นให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดแห้งต่อรวงและน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงสุด ดังนั้นการกลายพันธุ์ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยการอาบรังสีแกรมม่าความเข้มข้น 20 K-rads จึงเป็นการคัดเลือกสายพันธุ์ให้ไม่มีความไวต่อช่วงแสงในการออกดอกและให้มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น เพื่อให้สามารถปลูกได้ปีละหลายๆครั้ง รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายต่อการปลูกในแต่ละครั้ง นำไปสู่การเพิ่มปริมาณการผลิตต่อปีของข้าวที่มีคุณภาพดีอย่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 อันจะนำไปสู่การเพิ่มรายได้ต่อพื้นที่และต่อปีของเกษตรกร

สรุปผลการทดลอง

การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยการอาบรังสีแกมม่าความเข้มข้น 20 K-rads ทำให้พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เป็นพันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง สามารถออกดอกได้เมื่อปลูกในเดือนมีนาคม (ฤดูนาปรัง) โดยสายพันธุ์ KDML105' 10GR-TU-70-6 (NO.3) ให้ค่าน้ำหนักแห้งผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

จุฬาลักษณ์ สิทธิชอบธรรม, 2553, อิทธิพลของช่วงแสงต่อการพัฒนาดอกและเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105, การประชุมวิชาการพฤกษศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4, เชียงใหม่.

นพพร คล้ายพงษ์พันธุ์, 2543, เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืช, พิมพ์ครั้งที่ 1, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 261 หน้า.

พรเพ็ญ สมจิตร์ และนิตยา ผกามาศ, 2555, ผลของวันปลูกต่ออัตราการเจริญเติบโตในระยะการสืบพันธุ์และผลผลิตของข้าวพันธุ์ไม่ไวต่อแสง, วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 30(1): 62-70.

วราพงษ์ ชมาฤกษ์ พูนศักดิ์ เมฆวัฒนากาญจน์ พยอม โคเบลลี่ พิกุล ลีลากุด และรุ่งนภา กาวิชัย, 2554, การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของตัวอย่างข้าวหอมมะลิไทยจากตลาดค้าปลีกและค้าส่งในสาธารณรัฐประชาชนจีนด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอ, การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว วันข้าวและชาวนาแห่งชาติ ครั้งที่ 2 ประจำปี 2554, (3-4 มิถุนายน, 2554) ณ โรงแรมอมารี แอร์พอร์ต ดอนเมือง, กรุงเทพฯ.

สมชาย ชคตะการ, 2548, ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี, พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท ก.พล(1996) จำกัด, กรุงเทพฯ, 343 หน้า.

สมพร อิศวิลานนท์, 2555, ตลาดส่งออกข้าวไทย ปัจจัยเสี่ยงที่ครอบงำตลาด, เอกสารประกอบการเสวนาเวทีประชาคมข้าวไทยอนาคตตลาดส่งออกข้าวไทยจะก้าวไปอย่างไร, (11 กันยายน, 2555) ณ โรงแรมรามาการ์เด้น ถนนวิภาวดีรังสิต, กรุงเทพฯ.

Liang, G.S. and Liu Z.Y., 1983, Studies on the heading response of the pearl river delta rice cultivars to day length and temperature, Acta Agron Sinica, 9(3):157-164.

Table 1 Harvest-ages, panicles per hill, good seeds per panicle, undeveloped seeds per panicle, dry seed weight per panicle and 1,000-seed weight of five mutated KDML 105 lines

Lines	Harvest-age (day)	Panicles per hill	Good seeds per panicle	Undeveloped seeds per panicle	Dry seed weight per panicle (g)	1,000-seed weight (g)
No. 1	96	13.25±1.26[c]	82.50±4.20[b]	50.00±6.16[ab]	2.73±0.01[ab]	23.06±0.77[bc]
No. 2	94	13.75±1.50[bc]	82.00±4.55[b]	52.00±13.49[a]	2.27±0.11[c]	22.75±0.17[c]
No. 3	97	15.50±0.58[ab]	90.50±4.04[a]	43.75±7.54[ab]	2.77±0.20[a]	24.28±0.77[a]
No. 4	96	15.50±0.58[ab]	91.25±4.99[a]	38.00±7.07[b]	2.43±0.35[abc]	23.65±0.17[ab]
No. 5	94	15.75±1.50[a]	82.00±2.45[b]	44.50±3.00[ab]	2.40±0.09[bc]	23.45±0.17[abc]
KDML 105	not flowering	not flowering	not flowering	not flowering	not flowering	not flowering
F-test	-	*	*	*	*	*
CV (%)	-	7.66	4.39	16.16	8.49	2.29

* = significantly different at P $\leq$ 0.05

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 293-296 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 293-296 (2556)

การหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพริกหวานโดยใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วแตกต่างกัน

The Investigation of Total Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Sweet Pepper (*Capsicum annuum*) Extracted by Solvents with Different Polarities

กัณฐมณี ทู้ไพเราะ[1] กัลยารัตน์ เครือวัลย์[1] วรางคณา ศรีจำนงค์[1] สมศรี เจริญเกียรติกุล[1] และอุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1]

Thuphairo, K.[1], Kruawan, K.[1], Srichamnong, W.[1], Charoenkiatkul, S.[1] and Suttisansanee, U.[1]

Abstract

Sweet pepper (*Capsicum annuum*) is found to contain significant amount of antioxidants, which could promote several health benefits. However, little information on different color of sweet peppers regarding their relationship between extracted solvents and antioxidant activities is available. Therefore, the aim of this research is to investigate the total phenolic compounds (TPC) and antioxidant activities from different color of sweet peppers extracted in different solvent systems. Freeze-dried sweet peppers including green pepper, red pepper and yellow pepper were extracted with hexane, ethyl acetate and 70% (v/v) aqueous ethanol using a Soxhlet extractor. TPC were determined by Folin-Ciocalteu assay, while antioxidant activities were analyzed by 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay, ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay and oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay. As results, green pepper extracted with hexane exhibited the highest TPC and antioxidant activities, followed by red pepper and yellow pepper, respectively. On the other hand, red pepper was found to exhibit the highest TPC and antioxidant activities in ethyl acetate and 70% (v/v) aqueous ethanol, followed by those of yellow pepper and green pepper, respectively. Overall, sweet peppers in ethanol extraction were found to provide the highest TPC and antioxidant activities, followed by those of ethyl acetate and hexane, respectively. These results suggested that TPC and anti-oxidative agents might possess hydrophilic properties more than lipophilic properties. This research will be useful for further development of extraction method in functional food, nutraceutical or dietary supplement industry.

Keywords: sweet pepper, total phenolic content, antioxidant activity, solvent extraction

บทคัดย่อ

พริกหวานถูกค้นพบว่า ประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับพริกหวานที่มีสีแตกต่างกัน และความสัมพันธ์ระหว่างตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีไม่มากนัก ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพริกหวานหลากสีที่สกัดในตัวทำละลายต่างกัน โดยใช้พริกหวานที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่แข็ง ได้แก่ พริกหวานสีเขียว แดง และเหลือง นำมาสกัดด้วยเฮกเซน เอทิลอะซิเตท และเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร โดยใช้เครื่องสกัดซอกห์เลต การวิเคราะห์ปริมาณ TPC ทำโดยวิธี Folin-Ciocalteu และปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging, ferric reducing antioxidant power (FRAP) และ oxygen radical absorbance capacity (ORAC) พบว่า พริกหวานสีเขียวที่สกัดโดยเฮกเซนมีปริมาณ TPC และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ตามมาด้วยพริกหวานสีแดงและเหลืองตามลำดับ แต่สารสกัดของพริกหวานสีแดงมีปริมาณ TPC และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทและเอทานอล ตามมาด้วยพริกหวานสีเหลืองและเขียว ตามลำดับ สำหรับพริกหวานที่สกัดโดยเอทานอลมีปริมาณTPC และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ตามมาด้วยเอทิลอะซิเตทและเฮกเซน ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า TPC และสารต้านอนุมูลอิสระมีสมบัติที่ละลายในสารละลายที่มีขั้วได้ดีกว่าละลายในสารละลายที่ไม่มีขั้ว งานวิจัยนี้จะมีประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ โภชนเภสัช หรือผลิตภัณฑ์อาหารเสริมต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: พริกหวาน สารประกอบฟีนอลิกรวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย

---

[1] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

[1] Institute of Nutrition, Mahidol University, Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

Introduction

Sweet pepper or *Capsicum annuum* in Solanaceae genus is a non-pungent pepper, which are important ingredients in many traditional dishes as decorative vegetables due to their colors (such as green red and yellow) and unique taste. Peppers are found to be sources of bioactive compounds such as vitamin C, vitamin E, provitamin A, carotenoids, phenolics and flavonoids (Materska and Perucka, 2005) with antioxidant activities, which promote reduction of harmful oxidative stress. These compounds could also prevent many diseases that related with free radical oxidation such as cardiovascular disease, cancer and neurological disorders (Shetty and Wahlqvist, 2004). According to various appearances of sweet peppers, relationship between different color sweet peppers and antioxidant activities is of interesting topic. The sweet peppers with difference colors may compose of diverse pigment generators. Carotenoids (including capsanthin, capsorubin and capsanthin) and flavonoids are main pigment compounds in red pepper (Luke, 2000; Sun *et al*., 2007), while the color of green pepper is from chlorophyll and the carotenoids typical of the chloroplast (Marin *et al*., 2004). Likewise, yellow sweet pepper consists of α- and β -carotene, zeaxanthin, lutein and β -cryptoxanthin as color generators (Luke, 2000). These pigments compose of different chemical compositions, thus solvents with different polarities may be required to extract bioactive compounds from different color sweet peppers. Therefore, the aim of this research was to investigate the total phenolic compounds (TPC) and antioxidant activities from different color sweet peppers extracted in different solvent systems including hexane, ethyl acetate, and 70% (v/v) aqueous ethanol. This research would provide significant information on the relationship between different color sweet peppers extracted with different solvent systems and their antioxidant activities, which could be useful for further investigation on isolation of anti-oxidative agents from sweet peppers.

Materials and Methods

Sweet peppers including green pepper, red pepper and yellow pepper were purchased from the local markets in Bangkok and Nakhon Pathom, Thailand. The peppers were prepared as freeze-dried sample before being homogenized using a kitchen blender. Each freeze-dried sweet pepper (5 g) was extracted with solvents (400 mL) including hexane, ethyl acetate and 70% (v/v) aqueous ethanol using a Soxhlet extractor. The extract was evaporated and re-dissolved in 50% (v/v) dimethyl sulfoxide (DMSO). The analysis of TPC was performed by Folin-Ciocalteu assay, while antioxidant activities were determined by 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay, ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay and oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay. The data were analyzed for assess differences between group means by one-way analysis of variance using the Tukey's test (p value < 0.05) with SPSS, version 16.

Results and Discussion

As results, it was found that green pepper extracted with hexane exhibited the highest TPC and antioxidant activities (TPC of 11.6 mg GAE/100 g, DPPH values of 73.2 μmole TE/100 g, FRAP values of 48.0 μmole TE/100 g and ORAC values of 550.1 μmole TE/100 g), followed by red pepper and yellow pepper, respectively (Table 1). These results corresponded to the previous research (Sun *et al*., 2007), which suggested that green pepper contained the highest level of β-carotene that is highly soluble in lipophilic solvent. Thus, β-carotene could be extracted by hexane and caused green pepper to exhibit the highest antioxidant activity. On the other hand, red pepper was found to exhibit the highest TPC and antioxidant activities in ethyl acetate (TPC of 99.3 mg GAE/100 g, DPPH values of 221.1 μmole TE/100 g, FRAP values of 709.8 μmole TE/100 g and ORAC values of 1653.3 μmole TE/100 g) and 70% (v/v) aqueous ethanol (TPC of 255.4 mg GAE/100 g, DPPH values of 1750.8 μmole TE/100 g, FRAP values of 2660.2 μmole TE/100 g and ORAC values of 4166.3 μmole TE/100 g), followed by those of yellow pepper and green pepper, respectively. It was previously found that methanol could

extract higher quantity of flavonoids such as quercetin and luteolin from red pepper than from yellow pepper and green pepper (Sun *et al*., 2007). The latter was found to consist of capsanthin, a carotenoid with two hydroxyl moieties that well dissolves in less polar solvent (Sun *et al*., 2007). Additionally, red pepper was also reported to contain higher quantity of flavonoids than green pepper (Materska and Perucka, 2005). Therefore, red pepper possessed the highest TPC and antioxidant activities as a result of these bioactive compounds. Overall, sweet peppers in ethanol extraction were found to provide the highest TPC and antioxidant activities, followed by those of ethyl acetate and hexane, respectively. These results suggested that TPC and anti-oxidative agents might possess hydrophilic properties more than lipophilic properties, and were corresponded to the previous research, which reported that flavonoids are commonly extracted with methanol or ethanol solvent systems (Bae *et al*., 2012).

Summary

Green pepper exhibited the highest antioxidant activity in lipophilic extract, which may be due to β-carotene, while red pepper provided the highest antioxidant activity in hydrophilic extract because of flavonoid and capsanthin. In addition, the highest TPC and antioxidant activity of all pepper extracts were found in 70% (v/v) aqueous ethanol, suggesting that bioactive compounds are well soluble in hydrophilic solvent. Therefore, the color of sweet pepper and polarity of solvent extraction are significant factors that affect the quantity of TPC and antioxidant activities. This research will be useful for further development of extraction method in functional food, nutraceutical or dietary supplement industry.

Literature cited

Bae, H., Jayaprakasha, G.K., Jifon, J. and Patil, B.S., 2012, Variation of antioxidant activity and the levels of bioactive compounds in lipophilic and hydrophilic extracts from hot pepper (*Capsicum* spp.) cultivars, Food Chemistry, 134(4):1912-1918.

Luke, R.H., 2000, Antioxidant Vitamin and Phytochemical Content of Fresh and Processed Pepper Fruit (*Capsicum annuum*), Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods, CRC Press, 11p.

Marin, A., Ferreres, F., Tomas-Barberan, F.A. and Gil, M. I., 2004, Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(12):3861-3869.

Materska, M. and Perucka, I., 2005, Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(5):1750-1756.

Shetty, K. and Wahlqvist, M. L., 2004, A model for the role of the proline-linked pentose-phosphate pathway in phenolic phytochemical bio-synthesis and mechanism of action for human health and environmental applications, [Review], Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 13(1):1-24.

Sun, T., Xu, Z., Wu, C.T., Janes, M., Prinyawiwatkul, W. and No, H.K, 2007, Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.), Journal of Food Science, 72(2):98-102.

Table 1 The total phenolic compounds (TPC) and antioxidant activities as being analyzed by DPPH, FRAP and ORAC assays in different extraction solvents including hexane, ethyl acetate and 70% (v/v) aqueous ethanol of three color sweet peppers (green, red and yellow peppers).

Type of sweet pepper	Type of solvent	TPC (mg GAE/100 g DW)	DPPH (μmole TE /100 g DW)	FRAP (μmole TE /100 g DW)	ORAC (μmole TE/100 g DW
Green pepper	Hexane	11.6 ± 0.4[b]	73.2 ± 6.6[c]	48.0 ± 3.6[b]	550.1 ± 22.2[b]
Red pepper		1.1 ± 0.1[a]	60.0 ± 2.6[b]	43.4 ± 2.4[b]	198.6 ± 7.8[a]
Yellow pepper		1.4 ± 0.0[a]	20.7 ± 0.5[a]	13.1 ± 1.7[a]	176.2 ± 94.0[a]
Green pepper	Ethyl acetate	50.0 ± 0.3[a]	161.9 ± 2.5[a]	363.1 ± 11.4[a]	1756.6 ± 231.3[a]
Red pepper		99.3 ± 1.7[c]	221.1 ± 15.7[b]	709.8 ± 12.6[c]	1653.3 ± 57.0[a]
Yellow pepper		61.3 ± 1.1[b]	242.9 ± 17.1[b]	524.3 ± 15.8[b]	1642.2 ± 37.9[a]
Green pepper	70% (v/v) aqueous ethanol	139.5 ± 9.0[a]	1203.6 ± 56.4[a]	1143.9 ± 35.6[a]	2746.5 ± 11.7[a]
Red pepper		255.4 ± 18.9[b]	1750.8 ± 119.1[b]	2660.2 ± 79.0[c]	4166.3 ± 103.8[c]
Yellow pepper		240.8 ± 10.6[b]	1912.7 ± 183.0[b]	2116.1 ± 45.5[b]	3851.0 ± 81.3[b]

The same letter within a column and a solvent extraction is not significantly different with $p<0.05$ using Tukey's test on One-way ANOVA analysis.

GAE = gallic acid equivalent, TE = trolox equivalent, DW = dry weight

ผลของการ Priming และการฉีดพ่น Salicylic Acid ทางใบ ต่อผลผลิตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatic* Forsk.)

Effects of Salicylic Acid Priming and Foliar Application on Yield and Antioxidant Capacity of Kangkong (*Ipomoea aquatic* Forsk.)

ชานนท์ มณีรัตน์[1] ภาณุมาศ ฤทธิไชย[1] เยาวพา จิระเกียรติกุล[1] และ นภาพร ยังวิเศษ[2]

Maneerat, C.[1] Rithichai, P.[1] Jirakiattikul, Y.[1] and Youngvises, N.[2]

Abstract

Salicylic acid (SA) is a biotic elicitor which has been used to stimulate secondary metabolite in plants. The objective of this experiment was to examine the effects of SA priming and foliar application on yield and antioxidant capacity of kangkong (*Ipomoea aquatic* Forsk). Seeds were subjected to priming by soaking in 0,10^{-6}, 10^{-4} and 10^{-2} M SA for 30 min. Primed and non-primed seeds were sown in 15 x 70 x 15 cm plastic pots and 15 days after sowing (DAS). Seedling were sprayed on the leaves with various concentrations of 10 ml SA/pot. The plants were harvested at 20 DAS. Results indicated that SA primed or non-primed seeds and SA foliar application gave non-significant growth and yield. Non-primed seeds with 10^{-4} M SA foliar application showed the highest total phenolic content and DPPH radical scavenging activity.

Keywords: salicylic acid, kangkong, yield, antioxidant capacity

บทคัดย่อ

Salicylic acid (SA) เป็นสารกระตุ้นชีวภาพที่ใช้ในการกระตุ้นการสร้างสารทุติยภูมิในพืช ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทำ priming และการฉีดพ่นสารละลาย SA ทางใบต่อการให้ผลผลิตและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatic*Forsk.) ทำ priming เมล็ดโดยแช่ในสารละลาย SA ความเข้มข้น 0 10^{-6} 10^{-4}และ 10^{-2} M นาน 30 นาทีนำเมล็ดที่ผ่านและไม่ผ่านการทำ priming ไปปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 15x70x15 ซม.ฉีดพ่นสารละลาย SA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จำนวน 10 มล. ต่อกระถาง บนใบผักบุ้งเมื่ออายุ 15 วันหลังหยอดเมล็ด และเก็บเกี่ยวต้นผักบุ้งเมื่ออายุ 20 วันหลังหยอดเมล็ด ผลการทดลองพบว่า การทำหรือไม่ทำ primingและฉีดพ่น SA ทางใบผักบุ้งจีนมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การไม่ทำ priming และฉีดพ่นด้วยสารละลาย SA ความเข้มข้น 10^{-4} M ให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด

คำสำคัญ: salicylic acid ผักบุ้งจีน ผลผลิต ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความใส่ใจในคุณค่าอาหารและมีความต้องการอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มขึ้น การผลิตพืชผักที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้นจึงเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคเพราะการบริโภคอาหารที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงจะสามารถลดอัตราการเกิดพยาธิสภาพซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคได้ (นวลศรี และ อัญชนา, 2545) Salicylic acid (SA) เป็นสารกระตุ้นชีวภาพ (biotic elicitors) ที่พืชสามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้แต่พบในปริมาณที่น้อยมาก ทำหน้าที่ในการตอบสนองทางสรีรวิทยาโดยกระตุ้นและส่งสัญญาณการทำงานของยีนที่ควบคุมการสร้างโปรตีนในการต่อต้านกับเชื้อโรคและสามารถกระตุ้นการสังเคราะห์สารทุติยภูมิได้ (จริงแท้, 2553) ได้มีการศึกษาการใช้สารกระตุ้นเพื่อกระตุ้นการสร้างสารทุติยภูมิและการเจริญเติบโตในพืชหลายชนิด เช่น การฉีดพ่นสารละลาย SA ทางใบในผักโขมที่ความเข้มข้น 10^{-5} M สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ (Khandaker และคณะ, 2011) หรือการฉีดพ่น SA ในคะน้าก่อนเก็บเกี่ยว 6 วันมีการสะสมสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด (Sun และคณะ, 2012)เป็น

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120

[1] Department of Agriculture Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Campus, Pathumthani, 12120

[2] ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120

[2] Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Campus, Pathumthani, 12120

ต้น นอกจากนั้นการ priming เมล็ดด้วย SA ที่มีคุณสมบัติกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ (Hayat และคณะ, 2012) อาจจะช่วยให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงสูงขึ้นได้ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์จะเสื่อมสภาพหลังจากเก็บเกี่ยวและในระหว่างการงอกเมล็ดจะสร้างสารอนุมูลอิสระซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการงอก เช่น การแช่เมล็ดแตงกวาใน SA ความเข้มข้น 50 µM นาน 6 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกสูงและมีการเจริญเติบโตดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ control (Singh และ Chaturvedi, 2012) หรือ Hanieh และคณะ (2013) พบว่าการทำ priming ด้วย SA ความเข้มข้น 0.5 mM สามารถเพิ่มความงอก การเจริญเติบโตและผลผลิตในพริกหวานได้ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทำ priming และการฉีดพ่นสารละลาย SA ทางใบต่อการให้ผลผลิตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งจีน

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดผักบุ้งจีนพันธุ์ยอดไผ่ 9 จากบริษัท อีสท์เวส ซีด จำกัด มาทำ priming โดยแช่ในสารละลาย SA ความเข้มข้น 0, 10^{-6}, 10^{-4}และ 10^{-2} M ในอัตราส่วนเมล็ด 5 กรัมต่อสารละลาย 50 มล. เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง (25°ซ) นาน 30 นาที เมื่อครบกำหนดนำเมล็ดมาล้างน้ำไหลนาน 5 นาที จากนั้นนำไปผึ่งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมงนำเมล็ดที่ผ่านและไม่ผ่านการทำ priming มาปลูกในกระถางขนาด 15x70x15 ซม. ที่บรรจุด้วยดินผสมและปุ๋ยคอกอัตรา 2:1 โดยปริมาตร ระยะปลูก 10 x 10 ซม. หยอดเมล็ดลึกประมาณ 5 ซม. จำนวน 50 เมล็ดต่อกระถาง วางกระถางในโรงเรือนทดลองและให้น้ำทุกวัน ให้ปุ๋ยยูเรีย 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร อัตรา 1 ลิตรต่อกระถางเมื่ออายุ 7 วันหลังหยอดเมล็ด ให้ปุ๋ยสูตร 16-16-16 อัตรา 5 กรัมต่อกระถางเมื่ออายุ 10 วันหลังหยอดเมล็ด ฉีดพ่นสารละลาย SA ความเข้มข้น 0 10^{-6} 10^{-4}และ 10^{-2} M อัตรา 10 มล. ต่อกระถางบนใบผักบุ้งจีนเมื่ออายุ 15 วันหลังหยอดเมล็ดและเก็บเกี่ยวต้นผักบุ้งจีนเมื่ออายุ 20 วันหลังหยอดเมล็ด และบันทึกความสูงน้ำหนักสดต้น วัดค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดตามวิธี Folin-Ciocalteu assay และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (ณัฐา, 2553) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามวิธี 2×4 Factorial in CRD ร่วมกับ Control เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SAS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การงอกการทำ priming เมล็ดผักบุ้งจีนด้วยสารละลาย SA ที่ความเข้มข้นต่างๆเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ทำ priming พบว่ามีความงอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญคือมีความงอกอยู่ระหว่าง 64.00 ถึง 78.50 % และมีอายุการงอกเฉลี่ย 6.60 ถึง 7.80 วัน แสดงว่าการทำ priming ด้วย SA ที่ความเข้มข้นสูง (10^{-2} M) หรือความเข้มข้นต่ำ (10^{-6} M) นาน 30 นาที ไม่สามารถกระตุ้นความงอกและความแข็งแรงในเมล็ดผักบุ้งจีนได้ (Figure 1A, 1B) ซึ่งแตกต่างจากเมล็ดชนิดอื่นที่ตอบสนองต่อ SA เช่นการ priming เมล็ดพริกหวานด้วย SA ความเข้มข้น 0.5 mM หรือ 0.8 mM ในเมล็ดพริกขี้หนูทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้น (Khan และคณะ, 2009; Hanieh และคณะ, 2013)

2. การเจริญเติบโตและผลผลิต เมล็ดที่ทำหรือไม่ทำ priming ฉีดพ่นด้วยสารละลาย SA ทางใบความเข้มข้นต่างๆ มีการเจริญเติบโตและผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีความสูงต้นอยู่ในช่วง 18.27 ถึง 20.83 ซม.และน้ำหนักต้นอยู่ในช่วง 5.81 ถึง 6.37 กรัม (Figure 1C, 1D) แสดงว่าการทำ priming และฉีดพ่น SA ทางใบทั้งความเข้มข้นต่ำ(10^{-6} M) ไปจนถึงความเข้มข้นสูง (10^{-2} M) ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนซึ่งแตกต่างจากผักโขม (Khandaker และคณะ, 2011) หรือโหระพา (Gharib, 2007) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะจำนวนครั้งในการฉีดพ่นที่แตกต่างกัน Khandaker และคณะ (2011) ฉีดพ่น SA ทางใบความเข้มข้น 10^{-5} M จำนวน 3 ครั้งห่างกันทุกๆ 7 วันสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มคุณภาพผลผลิตในผักโขม ส่วน Gharib (2007) ฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 10^{-4} M จำนวน 2 ครั้งในโหระพาที่ระยะเวลาต่างกันสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการฉีดพ่น SA ต่อการเจริญเติบโตในผักบุ้งจีนต่อไป

3. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการทำ priming และการฉีดพ่นทางใบด้วย SA โดยการไม่ทำ priming และฉีดพ่น SA ที่ความเข้มข้น 10^{-4} M ผักบุ้งจีนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 0.47 mg GAE/100g DW และมีฤทธิ์ต้านยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (IC_{50}) 0.90 mg/g DWแสดงว่าการเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้งจีนไม่จำเป็นต้องทำ priming เมล็ดก่อนปลูก อย่างไรก็ตามผักบุ้งจีนตอบสนองต่อการฉีดพ่น SA ทางใบในช่วงความเข้มข้น 10^{-4} M ซึ่งเป็นไปได้ว่า SA ที่ความเข้มข้นดังกล่าวมีผลไปกระตุ้น phenylalanine ammonia lyase และส่งผลต่อการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกชนิดต่างๆ (Alvarez, 2000; Yao และ Tian, 2005) พืชแต่ละชนิดตอบสนองต่อ SA ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน เช่น ผักโขม ฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 10^{-5} M มีการสะสมสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดแต่ถ้าความเข้มข้นสูง (10^{-3} M) จะมีผลต่อการสะสมสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง หรือผักชีฉีดพ่น SA ความเข้มข้น 250 µM ให้

สาร folate สูงสุด (Puthusseri และคณะ, 2013) นอกจากนี้ระยะเวลาในการฉีดพ่นยังมีผลต่อการสะสมสารทุติยภูมิในพืช เช่น คะน้ามีสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเมื่อฉีดพ่น 6 วันก่อนเก็บเกี่ยว (Sun และคณะ, 2012) หรือ ผักชีฉีดพ่น SA ทางใบ 24 ชั่วโมงก่อนการเก็บเกี่ยวมี folate สูงที่สุด (Puthusseri และคณะ, 2013) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉีดพ่น SA ก่อนเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ผักบุ้งจีนมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงต่อไป

สรุปผล

1. การทำ priming เมล็ดด้วย SA ไม่สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดผักบุ้งจีนได้
2. การทำหรือไม่ทำ priming และฉีดพ่น SA ที่ความเข้มข้นต่างๆทางใบผักบุ้งจีนมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
3. การปลูกผักบุ้งจีนด้วยเมล็ดที่ไม่ผ่านการทำ priming และฉีดพ่นด้วยสารละลาย SA ความเข้มข้น 10^{-4} M ให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2555

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2553, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช, สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม, 453 หน้า.

ณัฐา จริยภมรกุร, 2553, คุณสมบัติของสารสกัดจากเปลือกองุ่นแดงในการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งปฏิกิริยาไกลเคชั่น, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาเภสัชวิทยาทางสัตวแพทยศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 118 หน้า.

นวลศรี รักอริยะธรรม และ อัญชนา เจนวิถีสุข, 2545, แอนติออกซิเดนท์: สารต้านมะเร็งในผัก-สมุนไพรไทย, นพบุรีการพิมพ์, เชียงใหม่, 281 หน้า.

Alvarez, M. E., 2000, Salicylic Acid in the Machinery of Hypersensitive Cell Death and Disease Resistance, Plant Molecular Biology, 44: 429-442.

Gharib, F. A. E. L., 2007, Effect of Salicylic Acid on the Growth, Metabolic Activities and Oil Content of Basil and Marjoram, Agriculture and Biology, 9: 294-301.

Hanieh, A., Mojtaba, D., Zabihollah, Z. and Vahid, A., 2013, Effect of Pre-Sowing Salicylic Acid Treatment on Seed Germination and Growth of Greenhouse Sweet Pepper Plant, Indian Journal of Science and Technology, 6: 3868-3871.

Hayat, Q., Alyemeni, M. N. and Hamad, A., 2012, Salicylic Acid Mediated Change in Growth, Photosynthesis, Nitrogen Metabolism and Antioxidant Defense System in *Cicer arietinum* L., Plant Soil Environment, 9: 417-423.

Khan, H. A., Pervez, M. A., Ayub, C. M., Ziaf, K., Balal, R. M., Shahid, M. A. and Akhtar, N., 2009, Hormonal Priming Alleviates Salt Stress in Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.), Soil and Environment, 28: 130-135.

Khandaker, L., Akond, A. S. M. G. M. and Oba, S., 2011, Foliar Application of Salicylic Acid and Improved the Growth, Yield and Leaf's Bioactive Compounds in Red Amaranth (*Amaranthus tricolor* L.), Vegetable Crop Research Bulletin, 74: 77-86.

Puthusseri, B., Divya, P., Lokesh, V. and Neelwarne, B., 2013, Salicylic Acid-Induced Elicitation of Folates in Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Improves Bioaccessibility and Induces Pro-Oxidant Status, Food Chemistry, 136: 569-575.

Singh, P. K. and Chaturvedi V. K., 2012, Effects of Salicylic Acid on Seedling Growth and Nitrogen Use Efficiency in Cucumber (*Cucumis sativus* L.), Plant Biosystems, 146: 302-308.

Sun, B., Yan, H., Zhang, F. and Wang, Q., 2012, Effects of Plant Hormones on Main Health-Promoting Compounds and Antioxidant Capacity of Chinese kale, Food Research International, 48: 359-366.

Yao, H. J. and Tian, S., 2005, Effects of Pre- and Post-Harvest Application of Salicylic Acid or Methyl Jasmonate on Inducing Disease Resistance of Sweet Cherry Fruit in Storage, Postharvest Biology Technology, 35: 253-262.

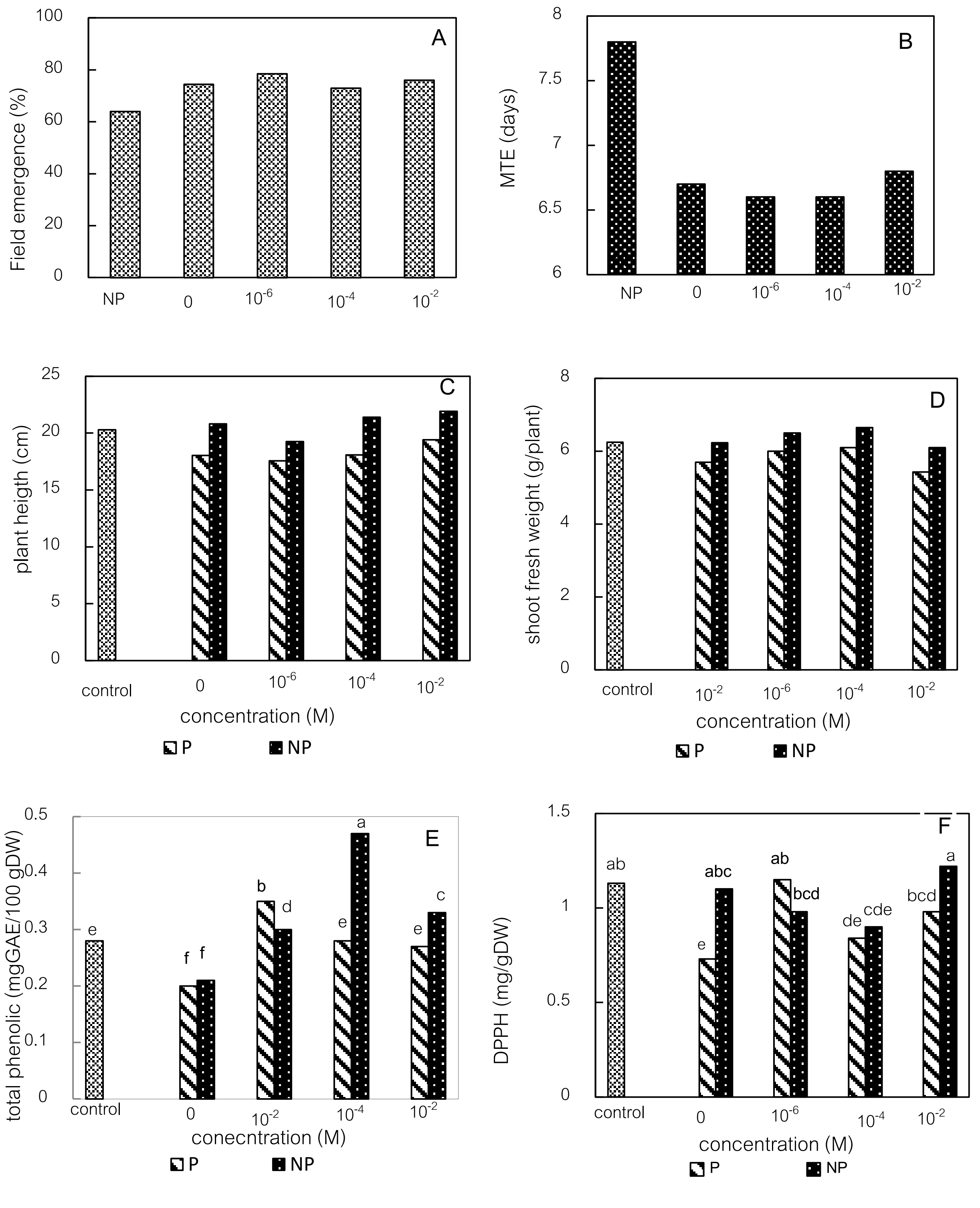


Figure 1 Effects of salicylic acid (SA) on field emergence (A), mean times to emergence (B), plant height(C), shoot fresh weight (D), total phenolic content (E) and DPPH radical scavenging activity (IC_{50}) (F).

ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของขิงแห้ง

Effects of Temperature and Velocity of Superheated Steam on Antioxidant Properties of Dried Ginger

ยาตรา ยมสูงเนิน[1] เยาวภา ไหวพริบ[2] ชนกานต์ สกุลแถว[1] รังสิมา สูตรอนันต์[3] และ อนันต์ ทองทา[4]

Yomsungnoen, Y.[1], Waiprib, Y.[2] Sakulteal, C.[1] Sootanan, R.[3] and Tongta, A.[4]

Abstract

The effects of temperature (120, 130, and 140°C), and velocity (1.17, 1.46, and 2.01 $m.s^{-1}$) of superheated steam on antioxidant properties of dried ginger products with final moisture content of 12%db were investigated. The result demonstrated the interaction effects of drying temperature and velocity on total phenolic content and DPPH radical scavenging activity ($p<0.05$), that is, the use of higher temperature and velocity resulted in higher total phenolic content and DPPH radical scavenging activity. The operating temperature at 140ºC with velocity of 2.01 ms^{-1} resulted in the highest total phenolic content (94.45$\pm$3.34 mg of gallic acid/g extracts) ($p<0.05$), while operating temperature at 130ºC with velocity of 2.01 ms^{-1} resulted in the highest DPPH radical scavenging activity (42.24$\pm$0.56 mg of ascorbic acid/100 g extracts) ($p<0.05$). In addition, the superheated steam dried ginger product showed the highest phenolic content (94.45$\pm$3.34 mg of gallic acid/g extracts), while the lowest DPPH radical scavenging activity (38.55$\pm$0.58 mg of ascorbic acid/100 g extracts) ($p <0.05$) compared with ginger products dried with hot air drying and freeze drying methods.

Keywords: ginger, superheated steam drying, antioxidant properties

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอุณหภูมิ (120 130 และ 140 ºC) และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (1.17, 1.46 และ 1.72 $m.s^{-1}$) ต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ขิงแห้ง ที่ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12% มาตรฐานแห้ง พบว่าอุณหภูมิและความเร็วมีอิทธิพลร่วมกันต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ($p<0.05$) เมื่อทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและความเร็วสูงขึ้น สมบัติการต้านอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น โดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 140 ºC ร่วมกับความเร็ว 2.01 $m.s^{-1}$ ให้ปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงสุด (94.45$\pm$3.34 mg of gallic acid/g extracts) และการทำแห้งที่อุณหภูมิ 130 ºC ร่วมกับความเร็ว 2.01 $m.s^{-1}$ ให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH สูงสุด (42.24$\pm$0.56 mg of ascorbic acid/ 100 g extracts) ($p<0.05$) นอกจากนี้พบว่าขิงทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ให้ปริมาณฟีนอลสูงสุด (94.45$\pm$3.34 mg of gallic acid/g extracts) แต่ให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ต่ำสุด (38.55$\pm$0.58 mg of ascorbic acid/100 g extracts) ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ทำแห้งโดยอากาศร้อน และทำแห้งแบบระเหิด

คำสำคัญ: ขิง การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

---

[1] **ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา** 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Sciense, Faculty of Science, Burapha University, 169 Long-Hard Bangsaen Rd, Saensook, Muang, Chonburi 20131

[2] **ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์** 50 ถ.งามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, 50 Ngarmwongwan Rd., Chatuchak, Bangkok 10900

[3] ศูนย์กล้องจุลทรรศน์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี 20131

[3] Microscopy Center, Faculty of Science, Burapha University, Muang, Chonburi 20131

[4] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[4] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Moo 8 Tein-talay Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

บทนำ

ขิง (*Zingiber officinale* Roscoe) เป็นพันธุ์ไม้ล้มลุกมีเหง้า เป็นพืชสมุนไพร มีความสำคัญทางการค้าของตลาดโลก ขิงในรูปแบบแห้งมีมูลค่าการจำหน่ายสูงกว่ารูปแบบสด สามารถเก็บได้นาน ขนส่งง่าย มีตลาดต่างประเทศดีกว่าภายในประเทศ การใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องเทศโดยทำเป็นขิง แห้ง (Tain และ Grenis, 1993) วิธีการทำแห้ง ได้แก่ อากาศร้อน การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง เป็นต้น (อาทิตย์, 2550; Balladin และคณะ, 1996) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ ภายในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (Azian และคณะ, 2004) สารประกอบฟีนอล (รุจิรา และคณะ, 2551) เป็นต้น งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ซึ่งอาจส่งผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของขิงแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง ล้างเหง้าขิง ปอกเปลือก สไลด์ให้เป็นแผ่นบางหนา 0.45 cm ด้วยเครื่องสไลด์ ตัดแต่งให้เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 2 cm ยาว 4 cm ชั่งน้ำหนัก 100 g เรียงใส่ถาดเตรียมเข้าห้องทำแห้งในเครื่องทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง โดยกำหนดอุณหภูมิทำแห้งเป็น 120 130 และ 140 ^{o}C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็น 1.17 1.46 และ 2.01 ms^{-1}

การศึกษาผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ โดยทำแห้งขิงด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง จนได้ความชื้น 12% d.b. นำมาบด และเตรียมสารสกัดจากขิงแห้ง โดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Oonmetta-aree และคณะ (2006) และ Mayachiew และ Devahastin (2008) ชั่งขิงผง 10 กรัม เติมเอทานอล 99 เปอร์เซ็นต์ 100 มิลลิลิตร เขย่าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง ระเหยด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ เก็บตัวอย่างที่ได้ในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (total phenolic content) และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH (DPPH radical scavenging activity) โดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Chan และคณะ (2008) และ Chan และคณะ (2009)

วางแผนการทดลองแบบ factorial design ที่ระดับ 3x3 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) โดยโปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ต่อมาวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design เพื่อเปรียบเทียบสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของขิงแห้งที่ทำแห้งโดยวิธีต่างกัน ได้แก่ การใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง การทำแห้งแบบระเหิด และการใช้อากาศร้อน วิเคราะห์ความแปรปรวน โดยโปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยทางสถิติโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลอง

ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของขิงแห้งที่ความชื้น12% d.b. พบว่ามีอิทธิพลร่วมกันระหว่างอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ปริมาณฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ($p<0.05$) เมื่อทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและความเร็วสูงขึ้น สมบัติการต้านอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น (Figure 1 and Figure 2) เมื่อเปรียบเทียบสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของขิงแห้ง กับขิงทำแห้งแบบระเหิด และขิงทำแห้งด้วยอากาศร้อน พบว่า การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งให้ปริมาณฟีนอลสูงสุด แต่ให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Figure 3 and Figure 4)

วิจารณ์ผล

ผลของอุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระพบว่า เมื่ออุณหภูมิและความเร็วเพิ่มขึ้น ปริมาณฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเกิดจาก ที่อุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูง เกิดการถ่ายโอนความร้อนและมวลสารในผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่า (Tang และคณะ, 2005) มีผลให้เยื่อหุ้มเซลล์พาเรนไคมา (parenchyma cell wall) และเซลล์น้ำมัน (oil cells) แตกออกได้มากกว่า (Azian และคณะ, 2004) สารประกอบฟีนอลที่จับแน่นอยู่กับเนื้อเยื่อพืช (bound form) อยู่ในรูปอิสระมากขึ้น ทำให้ถูกสกัดออกมาได้มากขึ้น เนื้อเยื่อที่ผ่านการให้ความร้อนโดยการทำแห้งจึงมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงขึ้น มีรายงานสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของขิงพบว่า ขิงผงทางการค้ามีปริมาณฟีนอลทั้งหมด

อยู่ในช่วง 107.18±4.28 ถึง 245.10±11.05 mg of gallic acid/g extracts (รุจิรา และคณะ, 2551) นอกจากนี้ อุณหภูมิและไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สูงอาจไปเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากน้ำตาลรีดิวซ์ มีส่วนที่เป็นอัลดีไฮด์และคีโตน ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน ทำให้เกิดสารสีน้ำตาลที่เรียกว่าเมลานอยดิน (melanoidins) มีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นการทำแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูงจึงมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบที่มีผลต่อการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสารที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุดในกลุ่มของสารประกอบที่พบในขิงสดคือ Gingerol แต่สารประกอบชนิดนี้สามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นสาร Shogaol หรือ Zingerone ได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน (รุจิรา และคณะ, 2551; Jolad และคณะ, 2005) จึงพบว่าความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ของขิงทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่ำสุด ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับขิงแห้งทำแห้งด้วยอากาศร้อน และทำแห้งแบบระเหิด โดยความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ของผลิตภัณฑ์ขิงแห้งที่ทำแห้งแบบระเหิด มีค่าใกล้เคียงกับขิงสดจากรายงานของ Chan และคณะ (2008) มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH 84±3 mg ascorbic acid/ 100 g extracts

สรุปผล

อุณหภูมิ และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของขิงแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ขิงทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ให้ปริมาณฟีนอลสูงสุด แต่ให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับขิงที่ทำแห้งโดยอากาศร้อน และทำแห้งแบบระเหิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารอ้างอิง

รุจิรา ตาปราบ จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์ และ ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม, 2551, สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขิงและผลิตภัณฑ์ขิงในระหว่างกระบวนการแปรรูป, อาหาร, 38: 74-84.

อาทิตย์ จันทร์หิรัญ, 2550, การอบแห้งขิงด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเกษตร, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Azian, M. N., Kamal, M. A. A. and Azlina, M. N., 2004, Changes of Cell Structure in Ginger During Processing. Journal of Food Engineering, 62: 359–364.

Balladin, D. A., Chang-Yen, I., Mc Gaw, D. R., and Headley, O., 1996, Solar Drying of West Indian Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Rhizome Using a Wire Basket Dryer, Renewable Energy, 7: 409-418.

Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Wong, L. F., Lianto, F. S., Wong, S. K., Lim, K. K., Joe, C. E. and Lim., T. Y., 2008, Antioxidant and Tyrosinase Inhibition Properties of Leaves and Rhizomes of Ginger Species, Food Chemistry, 109: 477–483

Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Wong, S. K., Lim, K. K., Tan, S. P., Lianto, F. S. and Yong, M. Y., 2009, Effects of Different Drying Methods on the Antioxidant Properties of Leaves and Tea of Ginger Species, Food Chemistry, 113: 166–172.

Jolad, S. D., Lantz, R. C., Chen, J. G., Bates R. B. and Timmermann, B. N., 2005, Commercially Processed Dry Ginger (*Zingiber officinale*): Composition and Effects on LPS-Stimulated PGE2 Production, Phytochemistry, 66: 1614–1635.

Mayachiew, P. and Devahastin, S, 2008, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Indian Gooseberry and Galangal Extract, LWT, 41: 1153-1159.

Oonmetta-aree, J., Suzuki, T., Gasaluck, P. and Eumkeb, G., 2006, Antimicrobial Properties and Action of Galangal (*Alpinia galangal* Linn.) on *Staphylococcus aureus*, LWT, 39: 1214-1220.

Tain, D.R. and Grenis, A.T., 1993, Spice and Seasonings: A food Technology Handbook, New York: VCH.

Tang, Z., Cenkowski, S. and Izydorczyk, M., 2005, Thin-Layer Drying of Spent Grains in Superheated Steam, Journal of Food Engineering, 67: 457-465.

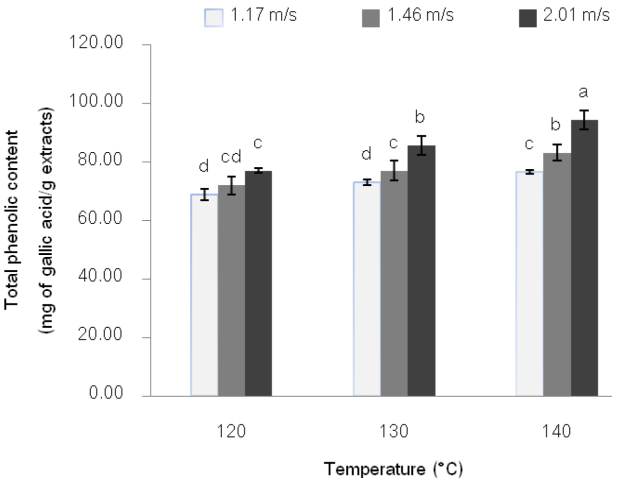


Figure 1 The effects of temperature and velocity of superheated steam on total phenolic content of superheated steam dried ginger products.
[a,b,c] Means followed by different letter are significantly different, as determined by Duncan's new multiple range test ($p<0.05$).

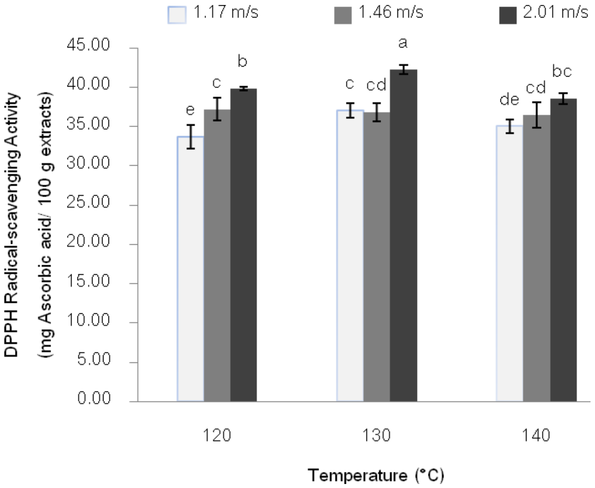


Figure 2 The effects of temperature and velocity of superheated steam on DPPH radical scavenging activity of superheated steam dried ginger products.
[a,b,c] Means followed by different letter are significantly different, as determined by Duncan's new multiple range test ($p<0.05$).

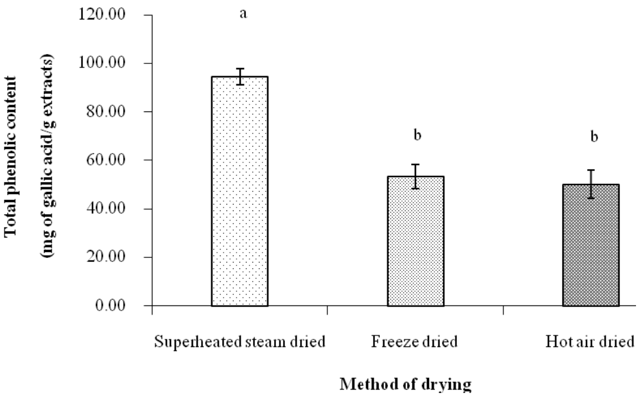


Figure 3 The effect of drying method on total phenolic content of dried ginger products.
[a,b,c] Means followed by different letter are significantly different as determined by Duncan's new multiple range test ($p<0.05$).

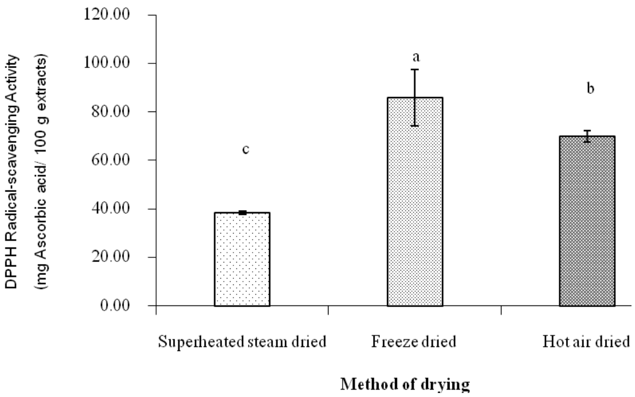


Figure 4 The effect of drying method on DPPH radical-scavenging activity of dried ginger products.
[a,b,c] Means followed by different letter are significantly different as determined by Duncan's new multiple range test ($p<0.05$).

ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีบางประการของถั่วงอกชนิดต่าง ๆ

Some Physical Characteristics and Chemical Composition of Different Sprouted Legumes

ชื่นจิต แก้วกัญญา[1] จุฑามาศ แสงรัมย์[1] และ อริสรา โพธิ์สนาม[1]
Kaewkunya, C.[1], Seangrum, J. and Phosanam, A.[1]

Abstract

Comparisons of physical characteristics and chemical composition between five legumes sprouts were investigated. This experiment was designed in CRD with 4 replications. Experimental subjects were 5 kinds of legumes; mung bean, soybean, cowpea, peanut and lablab bean. The objective of this research was to study the possibility of sprouted lablab bean in food consumption. The results showed that sprouted lablab bean from 100 dried seeds had an average fresh weight at 114 g and the average length was 6.57 cm. Colors of 5 sprouted legumes had no difference in lightness, but their redness and yellowness were significantly different ($P<0.05$). Sprouted peanut gave the highest redness, whereas one of sprouted lablab bean was the lowest. While yellowness values of those two sprout beans were nearly the same, sprouted cowpea had the minimum yellowness. In case of crispiness, sprouted peanut provided the value significantly higher than the other sprouted legumes. According to chemical composition analysis results, sprouted soy bean provided the maximum protein content (20.62%) followed by sprouted peanut and sprouted lablab bean (15.0 and 13.4 % respectively). Sprouted lablab bean gave the upmost lipid content (4.24 %) accompanied with sprouted mung bean (3.07 %). Fiber content of sprouted peanut was the most (3.12%) followed by sprouted mung bean and sprouted lablab bean, whilst one of sprouted cowpea was the lowest. Based on the above results, it concluded that physical characteristics and chemical compositions of sprout lablab bean were nearly the same as other sprouted legumes. Therefore, in the future, sprout lablab bean would be an interesting option for consumers.

Keywords: sprouted legumes, physical characteristics, chemical composition

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการระหว่างถั่วงอก 5 ชนิด วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ สิ่งทดลองประกอบด้วยถั่วงอกจากถั่ว 5 ชนิด คือ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วพุ่ม ถั่วลิสง และถั่วแลบแลบ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการทำถั่วแลบแลบงอกในการบริโภค ผลการทดลองพบว่า ถั่วแลบแลบงอกที่ได้จากเมล็ดแห้ง 100 เมล็ด ให้น้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุดคือ 114 กรัม และมีความยาว 6.57 เซนติเมตร สีของถั่วงอกทั้ง 5 ชนิดมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกัน แต่ค่าสีแดงและสีเหลืองพบความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) โดยถั่วลิสงงอกมีค่าสีแดงสูงสุด ถั่วแลบแลบงอกมีค่าต่ำสุด ในขณะที่ค่าสีเหลืองถั่วทั้งสองชนิดมีค่าสูงใกล้เคียงกัน และถั่วพุ่มงอกมีค่าต่ำสุด ในด้านของความกรอบถั่วลิสงงอกมีค่าสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วงอก 4 ชนิด สำหรับองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ถั่วเหลืองงอกมีปริมาณโปรตีนสูงสุดคือ 20.62% รองลงมาคือถั่วลิสงงอก และถั่วแลบแลบงอก (15.0 และ 13.4% ตามลำดับ) ถั่วแลบแลบงอกมีปริมาณไขมันสูงสุด (4.24%) ใกล้เคียงกับถั่วเขียวงอก (3.07%) ในส่วนของปริมาณเยื่อใยเห็นได้ว่าถั่วลิสงงอกมีปริมาณสูงสุดคือ 3.12% รองลงมาคือ ถั่วเขียวงอก และถั่วแลบแลบงอก ในขณะที่ถั่วพุ่มงอกมีปริมาณต่ำสุด จากผลข้างต้นสรุปได้ว่าลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของถั่วแลบแลบงอกใกล้เคียงกับถั่วงอกชนิดอื่น ๆ ดังนั้นในอนาคตถั่วแลบแลบงอกอาจเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับผู้บริโภคต่อไป

คำสำคัญ: ถั่วงอก ลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี

---

[1] **สาขาทรัพยากรเกษตรชีวภาพ คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร เมืองสกลนคร 47000**

[1] Program in Agro-Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-industry, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakhon Nakhon Province Campus, Muang, Sakhon Nakhon 47000

คำนำ

ถั่วงอก (Bean sprout) เป็นอาหารที่ใช้เวลาในการผลิตสั้นสามารถผลิตได้ตลอดปี อาจผลิตเพื่อบริโภคในครอบครัว หรือผลิตในเชิงธุรกิจได้ เนื่องจากกรรมวิธีผลิตง่าย สะดวก รวดเร็ว ราคาถูก มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเมล็ดที่เริ่มงอกจะสร้างฮอร์โมนเพื่อช่วยในการเพิ่มและขยายจำนวนเซลล์ โปรตีนจะเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโน วิตามินบีรวม วิตามินอี และซี ที่อยู่ในรูปสารละลายมีปริมาณเพิ่มขึ้น ไขมันและแป้งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล นอกจากนี้ไทอะมินจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น 5 เท่าและมีวิตามินซีปริมาณเท่ากับมะเขือเทศ (นิพนธ์, 2548) ปัจจุบันถั่วงอกจึงเป็นผักที่นิยมในกลุ่มผู้รักสุขภาพ โดยพืชตระกูลถั่วที่นิยมนำมาเพาะเป็นถั่วงอก ได้แก่ ถั่วเขียว 2 สายพันธุ์ คือ ถั่วเขียวผิวมัน และถั่วเขียวผิวดำ ส่วนเมล็ดพืชชนิดอื่นๆ ที่สามารถเพาะเป็นเมล็ดงอกได้ เช่น ถั่วเหลือง ถั่วดำ ถั่วลิสง ถั่วแดง งา และอัลฟัลฟ่า เป็นต้น แต่ไม่นิยมบริโภคมากนัก (Oplinger และคณะ, 1997; สมชาย และมนตรี, 2540) ถั่วแลบแลบ หรือถั่วแปบ เป็นพืชตระกูลถั่วเอนกประสงค์ชนิดหนึ่ง โดยส่วนยอดอ่อน ฝักอ่อนและเมล็ดทั้งสด และแห้งใช้เป็นอาหารมนุษย์ เมล็ดแห้งมีโปรตีน 20-28% และมีวิตามินเอ บี และ ซี สูง จึงเป็นแหล่งโปรตีนหลักในทวีปแอฟริกา หรือบางประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น อินเดีย บังคลาเทศ และศรีลังกา (Hochegger, 1998) นอกจากเป็นอาหารมนุษย์แล้วทุกส่วนของต้นใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยเป็นแหล่งอาหารหยาบคุณภาพดีสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Loch และ Ferguson, 1999) และเมื่อปลูกในระบบการปลูกพืชแล้วไถกลบจะเป็นปุ๋ยพืชสดคุณภาพดี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) ประเทศไทยนิยมบริโภคถั่วแลบแลบในรูปของฝักสด และยอดอ่อน (FAO, 1999) ไม่นิยมทำเป็นถั่วงอก แต่มีการศึกษาในต่างประเทศ โดย Osman (2007) พบว่า ถั่วแลบแลบงอกมีความชื้น 12.95% โปรตีน 28% ไขมัน 1.19% เถ้า 3.83% และคาร์โบไฮเดรต 66.40% จากคุณสมบัติที่ดีของถั่วแลบแลบดังกล่าวข้างต้น จึงได้ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีบางประการของถั่วแลบแลบงอกกับถั่วงอกชนิดต่างๆ ที่นิยมบริโภคในปัจจุบัน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการทำถั่วแลบแลบงอกสำหรับใช้เป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 5 สิ่งทดลอง ได้แก่ ถั่วแลบแลบงอก ถั่วเขียวงอก ถั่วเหลืองงอก ถั่วพุ่มงอก และถั่วลิสงงอก จำนวน 4 ซ้ำ

การเพาะถั่วงอก นำเมล็ดถั่วทั้ง 4 ชนิด ประกอบด้วย ถั่วแลบแลบ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วพุ่ม และถั่วลิสง มาล้างให้สะอาดและแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ตัดกระสอบป่านเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้านำไปแช่น้ำให้ชุ่มแล้วไปวางในตะกร้าที่มีรูระบายรอบด้าน นำเมล็ดถั่วที่ผ่านการแช่น้ำโรยบางๆ บนกระสอบเป็นชั้นๆ เปิดคลุมภาชนะเพาะด้วยถุงพลาสติกสีดำ นำไปวางไว้ในร่มสภาพอุณหภูมิห้อง เปิดถุงเพื่อรดน้ำให้ชุ่มทุกวัน ใช้เวลาประมาณ 3-4 วัน สามารถเก็บผลผลิตถั่วงอกเพื่อนำไปหาข้อมูลทางด้านกายภาพ และเคมี

การศึกษาลักษณะทางกายภาพ นำถั่วงอกที่ได้จากการเพาะเมล็ดจำนวน 100 ต้น ชั่งน้ำหนักสด และนำเมล็ดถั่วทั้ง 5 ชนิด ๆ ละ 50 กรัม เพาะเป็นถั่วงอก แล้วชั่งน้ำหนักสด วัดความยาวของถั่วงอกตั้งแต่รากจนถึงปลายยอด จำนวน 100 ต้น (สิ่งทดลองละ 20 ต้น จำนวน 4 ซ้ำ) แล้วหาค่าเฉลี่ย การวัดสีโดยใช้เครื่อง Hunter Lap (รุ่น Miniscan XE Plus) แสดงค่าเป็น L* a* และ b* และวัดเนื้อสัมผัส คือ ความกรอบ โดยเครื่อง Texture analyzer (รุ่น TA.XT Plus)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของถั่วงอก ประกอบด้วย ปริมาณโปรตีน (CP) ไขมัน (EE) และเยื่อใย (CF) โดยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ระดับ 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ลักษณะทางกายภาพของถั่วงอก

1.1 **น้ำหนักและความยาวของถั่วงอก** จาก Table 1 พบว่าเมื่อผ่านการงอกจากเมล็ดแห้ง 100 เมล็ด ถั่วแลบแลบงอกมีน้ำหนักสูงที่สุด คือ 114 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วงอก 4 ชนิด โดยเฉพาะถั่วเขียวงอกที่มีน้ำหนักต่ำสุดเพียง 51.19 กรัม เนื่องจากเมล็ดพืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดมีขนาดแตกต่างกันโดยเมล็ดขนาดใหญ่จะได้ถั่วงอกลักษณะต้นใหญ่อวบอ้วน และได้น้ำหนักถั่วงอกมากกว่าการใช้เมล็ดขนาดเล็ก (สุวิมล และคณะ, 2540) และเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ถั่วทั้ง 5 ชนิด ๆ ละ 50 กรัม เพาะให้เป็นถั่วงอกจะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยถั่วเขียวงอกมีน้ำหนัก

สูงสุด คือ 297.91 กรัม รองลงมาคือ ถั่วพุ่มงอก และถั่วแลบแลบงอก ตามลำดับ เนื่องจากจำนวนเมล็ดมีผลต่อผลผลิตและน้ำหนักของถั่วงอก และในส่วนของความยาว จาก Figure 1 เห็นได้ว่าถั่วแลบแลบงอกและถั่วเขียวงอกมีความยาวใกล้เคียงกัน คือ 6.57 และ 6.55 ซม. ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วงอกอีก 3 ชนิดที่เหลือ เนื่องจากถั่วเขียวและถั่วแลบแลบมีความสามารถในการงอกเร็วกว่า

1.2 สี และความกรอบ ลักษณะถั่วงอกที่เป็นที่ต้องการของตลาดจะมีสีขาวสด ไม่ช้ำ ดังนั้นการวัดค่าสีจึงมีความสำคัญในการผลิตถั่วงอก จาก Table 2 เห็นได้ว่าชนิดของถั่วงอกมีผลต่อค่าความสว่าง (*L*) ค่าความเป็นสีแดง (*a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (*b*) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยถั่วแลบแลบงอก ถั่วเขียวงอก และถั่วลิสงงอก มีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน คือ ระหว่าง 62.89-64.41 ในขณะที่ถั่วเหลืองงอกมีค่าต่ำสุด เนื่องจากถั่วเหลืองงอกมีลำต้นมีสีคล้ำ สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า *a* นั้น ถั่วลิสงงอกมีค่าสูงสุด ในขณะที่ถั่วแลบแลบงอกมีค่าต่ำสุด เนื่องจากถั่วลิสงงอกมีรอยช้ำ ส่วนค่าสี *b* พบว่าถั่วลิสงงอก และถั่วแลบแลบงอก มีค่าสูงใกล้เคียงกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วงอก 3 ชนิดที่เหลือ และสำหรับค่าความกรอบจะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดถั่วงอก โดยที่ถั่วลิสงงอกมีค่าความกรอบสูงสุด รองลงมาคือถั่วแลบแลบงอก และถั่วเหลืองงอก ตามลำดับ

2. องค์ประกอบทางเคมีของถั่วงอก

ผลการทดลองจาก Table 3 พบว่าชนิดของถั่วงอกมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีในส่วนของโปรตีน ไขมัน และเยื่อใยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) กล่าวคือถั่วเหลืองงอกมีปริมาณโปรตีนสูงสุด รองลงมาคือ ถั่วลิสงงอก และถั่วแลบแลบงอก ตามลำดับ ส่วนถั่วเขียวมีปริมาณต่ำสุด เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วเมล็ดถั่วเหลืองแห้งจะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าเมล็ดถั่วลิสงและถั่วเขียว (นิธิยา, 2545) ในส่วนของปริมาณไขมัน พบว่าถั่วแลบแลบมีปริมาณไขมันสูงที่สุด รองลงมาคือถั่วเขียวงอก (4.24 และ 3.07%) ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วพุ่มงอก ถั่วเหลืองงอก และถั่วลิสงงอก ซึ่งมีปริมาณไขมันใกล้เคียงกัน คือ ระหว่าง 2.16-2.70% และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณเยื่อใย พบว่าถั่วลิสงงอกมีค่าสูงสุด รองลงมาคือถั่วเขียวงอก (3.12 และ 2.15%) ตามลำดับ ในขณะที่ถั่วพุ่มงอกมีปริมาณเส้นใยต่ำสุดเพียง 0.14% เนื่องจากถั่วลิสงมีเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำทำให้ถั่วลิสงงอกมีปริมาณเส้นใยสูงสุด

Table 1 Physical characteristics of different sprouted legumes (fresh weight and length).

Kinds of sprouts	Fresh weight (g/100 seed)	Seed weight (g/100 seed)	Fresh weight (g) (50 g of dry seed)	Length (cm.)
Lablab bean	114.00 ± 0.24 a	28.76 ± 1.4 b	148.91 ± 11.75 c	6.57 ± 0.24 a
Mung bean	51.19 ± 0.15 e	8.51± 2.08 e	297.01 ± 5.90 a	6.55 ± 0.15 a
Soybean	79.89 ±0.14 c	20.08 ± 2.14 c	121.29 ± 9.85 d	4.58 ± 0.14 c
Cowpea	67.98 ± 0.28 d	13.24 ± 1.50 d	189.57 ± 7.42 b	5.95 ± 0.28 b
Peanut	105.88 ± 0.13 b	54.42 ± 2.95 a	132.13 ± 11.45 d	4.42 ± 0.49 c
F-test	**	**	**	**
CV. (%)	7.64	8.35	5.61	5.17

Table 2 Physical characteristics of different sprouted legumes (color and force).

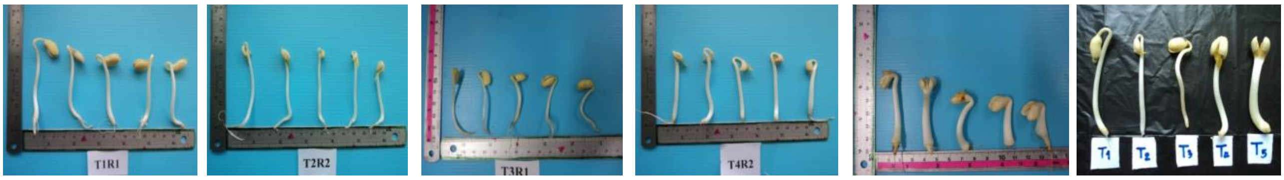
Kinds of sprouts	Color			Force
	L*	a*	b*	(N)
Lablab bean	63.41 ± 1.51 a	0.43 ± 0.15 c	22.63 ± 1.26 a	5.87 ± 0.19 b
Mung bean	63.71 ± 1.36 ab	1.03 ± 0.29 b	13.22 ± 0.96 c	3.77 ± 1.27 c
Soybean	58.90 ± 1.30 c	1.11 ± 0.31 b	19.57 ± 0.55 b	4.69 ± 0.27 bc
Cowpea	61.77 ± 2.44 b	1.11 ± 0.11 b	11.83 ±1.27 c	4.04 ± 0.60 c
Peanut	62.89 ± 1.36 ab	1.95 ± 0.18 a	23.89 ± 4.21 a	10.45 ± 1.16 a
F-test	**	**	**	**
CV. (%)	2.65	19.62	11.68	14.36

Table 3 Chemical composition of different sprouted legumes.

Kinds of sprouts	Chemical composition (%)		
	Protein	Lipid	Fiber
Lablab bean	13.37 ± 2.13 b	4.24 ± 0.65 a	1.42 ± 0.24 c
Mung bean	9.81 ± 1.48 c	3.07 ± 0.36 b	2.15 ± 0.21 b
Soybean	20.62 ± 1.70 a	2.24 ± 0.27 bc	0.77 ± 0.25 d
Cowpea	10.44 ± 1.68 c	2.70 ± 0.34 c	0.14 ± 0.05 e
Peanut	15.00 ± 1.48 b	2.16 ± 0.31 c	3.12 ± 0.36 a

F-test	**	**	**
CV (%)	12.36	14.22	16.10

In the same column, mean followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by LSD.



a b c d e f

Figure 1 Comparisons between five legumes sprouts (a) lablab bean sprout (T1), (b) mung bean sprout (T2), (c) soybean sprout (T3), (d) cowpea sprout (T4), (e) peanut sprout (T5), and (f) T1-T5

สรุปผล

ถั่วแลบแลบงอกมีลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกับถั่วงอกทั้ง 4 ชนิดไม่มากนัก และมีสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับถั่วเขียวงอกซึ่งเป็นถั่วงอกที่นิยมในปัจจุบัน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการทำถั่วแลบแลบงอก แต่อย่างไรการทดลองนี้ขาดการทดสอบในด้านความชอบของผู้บริโภค เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจึงต้องมีการทดสอบด้านประสาทสัมผัสในโอกาสต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่อำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2541, พืชตระกูลถั่วเพื่อการปรับปรุงดิน, กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545, เคมีอาหาร, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพ ฯ.

นิพนธ์ ไชยมงคล, 2548, ระบบข้อมูลผัก มหาวิทยาลัยแม่โจ้: ถั่วงอก (Bean sprout) [สืบค้น], www.vegetweb.com/wp-content/download/sprout.pdf [12 /Jun/ 12].

สุวิมล ถนอมทรัพย์ ธีระพล ศิลกุล และ เชาวลิต รักบุญ, 2540, การสำรวจและศึกษาอุตสาหกรรมการเพาะถั่วงอก, รายงานการประชุมทางวิชาการถั่วเขียวแห่งชาติ ครั้งที่ 7,โรงแรมโกลเด้นแกรนด์, พิษณุโลก, หน้า 197-207.

สมชาย บุญประดับ และ มนตรี ชาตะศรี, 2540, การปรับปรุงคุณภาพและผลผลิตถั่วเขียวผิวดำเพื่อการส่งออก, เอกสารทางวิชาการสถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลก, สถาบันวิจัยพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

AOAC., 1990, Official Method of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemistry, Washington, D.C., 1298 p.

FAO., 1999, The Vegetable Sector in Thailand : a Review, FAO : Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok [Online], Available: http:// www. Tistr.or.th/RAP/publication/ 1999/1999_38 [May 10, 2011].

Hochegger, K., 1998, Farming Like the Forest-Traditional Home Garden Systems in Sri Lanka, Magner T. Margraf Verlag, Weikersheim, 203 pp.

Loch, D. S. and Ferguson, J. E., 1999, Forage Seed Production. II. 2: Tropical and Subtropical Species Formerly of Tropical Forages Program, Centro International De Agriculture Tropical, California, Columbia, 479 p.

Oplinger, E. S., Hardman, L. L., Kaminski, A. R., Combs, S. M. and Doll, J. D., 1997, Mungbean, Alternative Field Crops Manual [Online], Available: http://www.hort.purdue.edu/newcrp/ nexus/ Vigna_radiata_nex.html [April 2, 2012].

Osman, A. M., 2007, Effect of Different Processing Methods on Nutrition Composition, Antinutritional Factors and In Vitro Protein Digestibility of Dolichos labalab bean (*Lablab purpureus* (L) Sweet), Pakistan Journal of Nutrition, 6(4): 299-303.

คุณภาพผลและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในองุ่นพันธุ์ 'Harmony'

Fruit Quality and Antioxidant Contents in 'Harmony' Grape

เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์[1] **และ ดรุณี ถาวรเจริญ**[1]

Thaipong, K.[1] and Thawornchareon, D.[1]

Abstract

'Harmony' grape is a rootstock cultivar that can grow and fruit well under hot condition in Thailand. Therefore, fruit quality and antioxidant contents in fruit of 'Harmony' grape were evaluated for future uses. Fruits at ripe stage of 'Harmony' grape from an experimental field of the Department of Horticulture, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, NakhonPathom province, were measured for fruit quality (fruit weight, seed weight, numberof seeds, titratable acidity and soluble solids) and antioxidant contents in flesh and seed (ascorbic acid, total phenolics, total flavonoids, and antioxidant activity). The results found that averaged fruit weight, seed weight, number of seeds, titratable acidity and soluble solids were 1.86 g/fruit, 0.12 g/seed, 1.80 seeds/fruit, 0.79% and 15.6% Brix, respectively. Fruit contained high antioxidant contents especially in seed showed higher antioxidant contents than in flesh for many folds. Averaged ascorbic acid, total phenolics, total flavonoids and antioxidant activity in seed were 207.5 mg/100 g, 13,973.2 mg/100 g, 4957.0 mg/100 g and 254.1 µMol/g, whereas in flesh were 25.6 mg/100 g, 483.0 mg/100 g, 98.3 mg/100 g and 6.3 µMol/g, respectively.

Keywords: healthy fruit, antioxidant activity, ascorbic acid, phenolic compounds

บทคัดย่อ

องุ่นพันธุ์ 'Harmony' เป็นพันธุ์ต้นตอที่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในสภาพอากาศร้อนของประเทศไทย จึงประเมินคุณภาพผลและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลองุ่นพันธุ์ 'Harmony' เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการใช้ประโยชน์ต่อไป โดยนำผลองุ่นพันธุ์ 'Harmony'ในระยะสุกจากแปลงทดลองภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มาวิเคราะห์คุณภาพผล (น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ด จำนวนเมล็ด ปริมาณกรด และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้) และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (วิตามินซี สารประกอบฟีโนลิคทั้งหมด สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ) ในเนื้อและเมล็ด พบว่าผลมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.86 กรัม/ผล น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย 0.12กรัม/เมล็ด จำนวนเมล็ดเฉลี่ย 1.80 เมล็ด/ผล ปริมาณกรดเฉลี่ย 0.79% ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 15.6% Brix และมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง โดยเฉพาะในเมล็ดมีมากกว่าในเนื้อหลายเท่า โดยในเมล็ดมีค่าเฉลี่ยวิตามินซี สารประกอบฟีโนลิคทั้งหมด สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 207.5 มก./100 ก. 13,973.2 มก./100 ก. 4,957.0 มก./100 ก. และ 254.1 ไมโครโมล/ก. ตามลำดับ ในขณะที่ในเนื้อมีค่าเท่ากับ 25.6 มก./100 ก. 483.0 มก./100 ก. 98.3มก./100 ก. และ 6.3 ไมโครโมล/ก. ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผลไม้เพื่อสุขภาพ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซี สารประกอบฟีโนลิค

คำนำ

องุ่นจัดเป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อน (subtropical fruit) ซึ่งต้องการสภาพอากาศค่อนข้างเย็นในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพ การผลิตองุ่นในพื้นที่เขตร้อน (tropical zone) ให้ได้ผลดีนั้นจึงจำเป็นต้องปลูกในเขตพื้นที่ที่มีสภาพอากาศค่อนข้างเย็น เช่น บนพื้นที่สูง บริเวณหุบเขา เป็นต้น ซึ่งประเทศเขตร้อนรวมทั้งประเทศไทย มีพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศเย็นเหมาะสมกับการปลูกองุ่นน้อย ทำให้จำเป็นต้องผลิตในเขตพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศร้อน ส่งผลให้องุ่นที่พัฒนาพันธุ์และนำเข้ามาจากต่างประเทศ เช่น ฝรั่งเศส สหรัฐอเมริกา ซึ่งมีอากาศค่อนข้างเย็นนั้นเมื่อนำมาปลูกในประเทศไทยแล้วการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก แต่จากการดำเนินงานรวบรวมพันธุ์องุ่นของภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, KaphaengSaen Campus, NakhonPathom 73140

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ระหว่างปี พ.ศ. 2552-2555 เพื่อเป็นแหล่งรวบรวมพันธุ์องุ่นของประเทศไทยนั้นพบว่าพันธุ์ 'Harmony' ซึ่งเป็นพันธุ์ต้นตอสามารถเจริญเติบโต ออกดอก และให้ผลผลิตได้ดีในสภาพอากาศร้อนของประเทศไทย (Figure 1a, b) ประกอบกับองุ่นจัดเป็นไม้ผลที่มีสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายหลายชนิด โดยเฉพาะสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) เช่น แอนโทไซยานิน (anthocyanins) (Gacia-Beneytez และคณะ, 2003; Yilmaz และ Toledo, 2004) นอกจากนี้จากผลการศึกษาทางโรคระบาดวิทยาพบว่าการบริโภคองุ่นสดหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง จะส่งผลดีต่อสุขภาพหลายประการ เช่น ลดการเกาะตัวของเกร็ดเลือด (Keevil และคณะ, 2000) ลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคระบบหลอดเลือด (Stein และคณะ, 1999) เป็นต้น ดังนั้นจึงประเมินคุณภาพผลและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลองุ่นพันธุ์ 'Harmony' เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับนำมาใช้เป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ต่อไป เช่น น้ำองุ่นเพื่อสุขภาพ การผลิตสารสกัดจากเมล็ดองุ่น เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การประเมินคุณภาพผล

นำผลองุ่นพันธุ์ 'Harmony' ในระยะสุก โดยสังเกตจากสีผิวผลเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง (Figure 1c) ที่ปลูก ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มาชั่งน้ำหนักผล วิเคราะห์ปริมาณกรดโดยวิธีการไตเตรท วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง Pocket Refractometer รุ่น PAL-1 (Atago, Japan) บันทึกจำนวนเมล็ดและน้ำหนักเมล็ด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 5 ซ้ำ

การสกัดสาร

หลังจากประเมินคุณภาพผลแล้วนำเนื้อและเมล็ดองุ่นมาสกัดสารตามวิธีของ Thaipong และคณะ (2006) เพื่อนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระชนิดวิตามินซี สารประกอบฟีโนลิค สารประกอบฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยใช้วิธี 2,6-dichlorophenolindophenol titration method (AOAC, 1990) คำนวณปริมาณ ascorbic acid เทียบกับ L-ascorbic acid ซึ่งใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน (1 mg/ml) แสดงผลในหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด [mg/100 g fresh weight (FW)]

การวิเคราะห์ปริมาณฟีโนลิคทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารฟีโนลิคทั้งหมดโดยใช้ Folin-Ciocalteu method (Swain และ Hillis, 1959) ดัดแปลงโดย Thaipong และคณะ (2006) ปริมาณสารฟีโนลิคทั้งหมดจะแสดงเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid ในหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด [mg gallic acid equivalents (GAE)/100 g FW]

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดโดยใช้ Colorimetric assay ตามวิธีการของ Zhishen และคณะ (1999) ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดจะแสดงเทียบกับกราฟมาตรฐานของ catechin ในหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด [mg catechin equivalents (CE)/100 g FW]

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) โดยวิธี Ferric-reducing antioxidant power (FRAP) assay (Benzie และ Strain, 1996) ดัดแปลงโดย Thaipong และคณะ (2006) เทียบกับกราฟมาตรฐานโดยใช้วิตามินซี แสดงค่าในหน่วยไมโครโมลต่อกรัมน้ำหนักสด [μMol ascorbic acid equivalents (AAE)/g FW]

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระระหว่างเนื้อและเมล็ดองุ่นด้วย t-test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการปลูกต้นตอองุ่นพันธุ์ 'Harmony' ณ แปลงทดลอง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ซึ่งเป็นเขตที่มีสภาพอากาศร้อน

แห้งนั้นพบว่าสามารถเจริญเติบโต ออกดอก และให้ผลผลิตได้ดี นอกจากนี้ยังพบว่ามีความทนทานต่อโรคราสนิม จึงสามารถนำองุ่นพันธุ์ 'Harmony' มาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์องุ่นทนร้อนได้

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพผลพบว่าผลองุ่นพันธุ์ 'Harmony' เมื่อสุกมีขนาดเล็กเฉลี่ย 1.86 กรัม/ผล ปริมาณกรดเฉลี่ย 0.79% ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 15.62% Brix น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย 0.117 กรัม/เมล็ด และมีจำนวนเมล็ดเฉลี่ย 1.80 เมล็ด/ผล (Table 1) นอกจากจะมีผลขนาดเล็กและมีเมล็ดแล้ว จากการชิมพบว่ามีรสเปรี้ยว ดังนั้นจึงไม่เหมาะที่จะนำผลองุ่นของพันธุ์ 'Harmony' มาใช้ประโยชน์ในการรับประทานสด

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระชนิดวิตามินซี ฟีโนลิค ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเนื้อและเมล็ดองุ่นพันธุ์ 'Harmony' พบว่า ทั้งในเนื้อและในเมล็ดมีปริมาณสูง โดยเฉพาะในเมล็ดมีปริมาณสูงกว่าในเนื้อหลายเท่า ดังนี้ ในเมล็ดมีปริมาณวิตามินซี ฟีโนลิคทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 207.5 mg/100 g, 13,973.2 mg/100 g, 4,957.0 mg/100 g และ 254.1 µMol/g ในขณะที่ในเนื้อมีเท่ากับ 25.6 mg/100 g, 483.0 mg/100 g, 98.3 mg/100 g และ 6.3 µMol/g ตามลำดับ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ พบว่า ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในองุ่นพันธุ์ 'Harmony' โดยเฉพาะในเมล็ดมีค่าสูงกว่ามาก เช่น ปริมาณวิตามินซี (mg/100 g) ในเนคทารีน (nectarine) มีค่าระหว่าง 4.8-13.2 ในพีช (peach) มีค่าระหว่าง 3.6-12.6 ในพลัม (plum) มีค่าระหว่าง 2.5-10.2 (Gil และคณะ, 2002) ในมะเฟืองมีค่าเท่ากับ 19.0 ในลิ้นจี่มีค่าเท่ากับ 13.8 (Luximon-Ramma และคณะ, 2003) ปริมาณสารฟีโนลิคทั้งหมด (mg/100 g) ในเนคทารีนมีค่าระหว่าง 14-102 ในพีชมีค่าระหว่าง 21-111 ในพลัมมีค่าระหว่าง 42-109 (Gil และคณะ, 2002) ในมะเฟืองมีค่าเท่ากับ 142.9 ในลิ้นจี่มีค่าเท่ากับ 28.8 (Luximon-Ramma และคณะ, 2003) เป็นต้น

ปัจจุบันอาหารหรือผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เช่น สารสกัดเข้มข้นจากผลและผลไม้ กำลังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคอย่างมาก สำหรับในองุ่นนั้นพบว่าการดื่มสารสกัดจากเมล็ดองุ่นเป็นประจำสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเส้นเลือดขอด (Chronic venous insufficiency) และโรคบวมน้ำ (Edema) ได้ (Anonymous, 2013) การที่ผลองุ่นพันธุ์ 'Harmony' โดยเฉพาะเมล็ดมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงนั้น จึงน่าจะสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้ เช่น สารสกัดเข้มข้นจากเมล็ดองุ่น เป็นต้น จึงควรมีการศึกษาหาแนวทางการใช้ประโยชน์ต่อไป

สรุปผล

องุ่นพันธุ์ 'Harmony' เป็นพันธุ์ต้นตอที่สามารถเจริญเติบโต ออกดอก และให้ผลผลิตได้ดีในสภาพอากาศร้อน จึงสามารถนำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับการพัฒนาพันธุ์องุ่นทนร้อนได้ ผลมีขนาดเล็ก รสชาติเปรี้ยว และมีเมล็ด จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้บริโภคสด เนื้อและเมล็ดมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง โดยเฉพาะในเมล็ดมีปริมาณสูงกว่าในเนื้อหลายเท่า จึงควรมีการศึกษาหาแนวทางการใช้ประโยชน์จากเนื้อและเมล็ดองุ่นพันธุ์ 'Harmony' ต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัย และภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Anonymous, 2013, Grape Seed [Online], Available: http://www.umm.edu/health/medical/altmed/herb/grape-seed [July 21, 2013].

A.O.A.C., 1990, Vitamin C (Ascorbic Acid) in Vitamin Preparations and Juices, Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Office Analytical Chemists, Arlington, VA, p. 1058-1059.

Benzie, J. F. F. and Strain, J.J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": the FRAP Assay, Analytical Biochemistry, 239: 70-76.

Gacia-Beneytez, E., Cabello, F. and Revilla, E., 2003, Analysis of Grape and Wine Anthocyanins by HPLC-MS, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 5622-5629.

Gil, M. I., Tomas-Barberan, F. A., Hess-Pierce, B. and Kader, A. A., 2002, Antioxidant Capacities, Phenolic Compounds, Carotenoids, and Vitamin C Contents of Nectarine, Peach, and Plum Cultivars from California, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 4976–4982.

Keevil, J. G., Osman, H. E., Reed, J. D. and Folts, J. D., 2000, Grape Juice, but not Orange Juice or Grapefruit Juice, Inhibits Human Platelet Aggregation, Journal of Nutrition, 100: 53-56.

Luximon-Ramma, A., Bahorun, T. and Crozier, A., 2003, Antioxidant Actions and Phenolic and Vitamin C Contents of Common Mauritian Exotic Fruits, Journal of the Science of Food and Agriculture, 83: 496–502.

Stein, J. H., Keevil, J. G., Wiebe, D. A., Aeschlimann, S. and Folts, J. D., 1999, Purple Grape Juice Improves Endothelial Function and Reduces the Susceptibility of LDL Cholesterol to Oxidation in Patients with Coronary Artery Disease, Circulation, 100: 1050-1055.

Swain, T. and Hillis, W. E., 1959, The Phenolic Constituents of *Prunus domestica* I-the Quantitative Analysis of Phenolic Constituents, Journal of Science of Food and Agriculture, 10: 63-68.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne, D. H., 2006, Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC Assays for Estimating Antioxidant Activity from Guava Fruit Extract, Journal of Food Composition and Analysis, 19: 669-675.

Yilmaz, Y. and Toledo, R. T., 2004, Major Flavonoids in Grape Seeds and Skins: Antioxidant Capacity of Catechin, Epicatechin, and Gallic Acid, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 25: 255-260.

Zhishen, J., Mengcheng, T. and Jianming, W., 1999, The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and Their Scavenging Effects on Superoxide Radicals, Food Chemistry, 64: 555–559.

(a) (b) (c)

Figure 1 Characteristics of 'Harmony' grape at (a) flowering, (b) fruit set and (c) ripening stage.

Table 1 Fruit quality of 'Harmony' grape.

Fruit weight (g)	Titratable acidity (%)	Soluble solids (Brix)	Seed weight (g)	Number of seed/fruit
1.86 ± 0.25	0.79 ± 0.45	15.62 ± 0.77	0.117 ± 0.023	1.80 ± 0.45

Table 2 Antioxidant contents and antioxidant activity in flesh and seed of 'Harmony' grape.

Fruit part	Ascorbic acid (mg/100 g)	Total phenolics (mg/100 g)	Total flavonoids (mg/100 g)	Antioxidant activity (µmol/g)
Flesh	25.6 ± 8.8	483.0 ± 40.3	98.3 ± 8.0	6.3 ± 1.5
Seed	207.5 ± 65.8	13,973.2 ± 2976.2	4,957.0 ± 977.9	254.1 ± 67.2
t-test	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

การผลิตเครื่องดื่มชาชงจากเปลือกลองกองผสมหล่อฮั้งก้วย

Production of Tea Beverage from Longkong Peel Mixed with Luo Hang Guay

อินทิรา ลิจันทร์พร[1] กมลชนก เล็กมณี[1] และ บุศรา บึงสว่าง[1]
Lichanporn, I.[1], Lekmanee, K.[1] and Beungsawang, B.[1]

Abstract

The objective of this study was to analyze the process of producing tea products from longkong peel mixed with Luo Hang Guay at a ratio of 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 and 50:50 to determine the quantities of phenolic compounds, antioxidant suppression effects, pH, total soluble solids, acidity and turbidity with assessment of sensory quality. Phenolic compounds were found to have no statistical differences in the experiments. However, longkong peel mixed with Luo Hang Guay tea at a ratio of 100:0 was found to yield the highest quantity of phenolic compounds, anti-oxidant suppression effects and pH. The longkong peel mixed with Luo Han Guo tea at a ratio of 50:50 were found to yield higher total soluble solids, acidity and turbidity than the other treatment while testers were most likely to accept longkong peel mixed with Luo Hang Guay tea at a ratio of 90:10 in terms of sensory tests for scent, taste and preference with anti-oxidant suppression effects of 28.25%, which did not differ from longkong peel mixed with Luo Hang Guay tea at a ratio of 100:0. .

Keywords: tea beverage, longkong, luo hang guay

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการศึกษากระบวนการผลิตภัณฑ์ชาชงจากเปลือกลองกองผสมหล่อฮั้งก้วย โดยใช้อัตราส่วนผงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วย เท่ากับ 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิก ฤทธิ์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) ปริมาณกรด (acidity) ค่าความขุ่น (turbidity) และประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส พบว่าการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามชาชงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วย อัตราส่วน 100:0 มีปริมาณสารฟีนอลิก ฤทธิ์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระ และค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่ามากที่สุด ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรด และค่าความขุ่นของชาชงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วย อัตราส่วน 50:50 มีค่ามากกว่าสิ่งทดลองอื่น ในขณะที่เมื่อทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับชาชงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วย อัตราส่วน 90:10 มากที่สุด และฤทธิ์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระเท่ากับร้อยละ 28.25 ซึ่งมีค่าสูงไม่แตกต่างจากชาชงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วย อัตราส่วน 100:0

คำสำคัญ: เครื่องดื่มชา ลองกอง หล่อฮั้งก้วย

คำนำ

ปัจจุบันคนไทยให้ความสนใจด้านสุขภาพมากขึ้นเครื่องดื่มสมุนไพรนับว่าเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภค (สถาบันชามหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2010) ในประเทศไทยมีการแปรรูปผลไม้ทำให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น เปลือกและเมล็ด ซึ่งมีรายงานว่าเปลือกผลไม้เป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ (bioactive compounds) สามารถใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และมีสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) เช่น การทำชาจากเปลือกมังคุด โดยในเปลือกมังคุดมีสารแซนโทนอยู่มากและหลายชนิด จากงานวิจัยต่างๆ แสดงให้เห็นว่าสารแซนโทนมีสมบัติสำคัญ คือ สามารถต้านอนุมูลอิสระมีฤทธิ์ลดการอักเสบบวม (anti-inflammatory) และสามารถต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Antimicrobial) (ปฏิวิทย์, 2554) จากแนวความคิดนี้จึงได้หาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่น เช่น เปลือกลองกอง

เปลือกลองกองมีสารประเภท oleoresin และสารประกอบฟีนอลิกเป็นจำนวนมาก (พงศธร, 2551) แต่เนื่องจากเปลือกลองกองมีรสชาติฝาดจึงมีการผสมหล่อฮั้งก้วยเพื่อช่วยเพิ่มความหวานของเปลือกลองกอง ซึ่งหล่อฮั้งก้วยมีความหวาน

---

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala Univerisity of Technology Thanyaburi

มากกว่าน้ำตาลกลูโคส 250 เท่า จึงสามารถนำมาใช้แต่งรสหวานโดยที่ไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มสูงขึ้น และในประเทศจีนใช้กันมากในเรื่องของการแก้ร้อนใน แก้กระหายน้ำ ทำให้ชุ่มคอ แก้ไอ ขับเสมหะอีกด้วย เปลือกลองกองในรูปแบบเครื่องดื่มชาชง จึงน่าจะเป็นรูปแบบหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ในลักษณะชาชง และเป็นการสนับสนุน ส่งเสริมให้คนไทยได้บริโภคผลิตภัณฑ์ชาเปลือกผลไม้เพื่อสุขภาพอย่างแท้จริง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเปลือกลองกองมาผลิตเป็นเครื่องดื่มชาชงโดยผสมหล่อฮั้งก้วย เพื่อศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และคุณภาพด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาชงจากเปลือกลองกองผสมหล่อฮั้งก้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเปลือกลองกองมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า 2 ครั้ง และล้างด้วยสารละลายด่างทับทิบ จากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปผึ่งไว้ และนำเปลือกลองกองที่ผึ่งไว้มานวดนาน 30 นาที หมักไว้ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 15 ชั่วโมง จนได้ความชื้นร้อยละ 5 นำไปบดให้ละเอียด จากนั้นนำไปศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเครื่องดื่มชาชงจากเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองมีจำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้ผงเปลือกลองกองมาผสมกับหล่อฮั้งก้วยในอัตราส่วน 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 โดยวิเคราะห์คุณภาพได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ดัดแปลงจากวิธีของ Singleton และ Rossi (1965) และ Ketsa และ Atantee (1998) เปรียบเทียบหาสารประกอบฟีนอลิก mg GAE/ml (gallic acid equivalent) ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นต่อ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) รายงานในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ (% inhibition) และประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 40 คน แบบ Hedonic scale 9 ระดับ โดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) ปัจจัยได้แก่ทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (TA) พบว่า เครื่องดื่มชาชงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วยอัตราส่วน 50:50 มีค่าปริมาณกรดมากที่สุด คือ ร้อยละ 0.43 เนื่องจากในผลลองกองมีกรดซิตริกจึงมีค่าปริมาณกรดในอัตราส่วนที่ต่างกัน และเมื่อนำมาผสมหล่อฮั้งก้วยที่มีปริมาณกรด เท่ากับ 0.57 จึงทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม เมื่ออัตราส่วนของเปลือกลองกองลดลงและเมื่อปริมาณของหล่อฮั้งก้วยเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วน 50:50 มีค่าปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 0.43 และชาเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วยอัตราส่วน 100:0 มีค่าปริมาณกรดทั้งหมดน้อยที่สุด เท่ากับ 0.30 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) พบว่าเครื่องดื่มชาชงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วยอัตราส่วน 50:50 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) มากที่สุด คือ 0.47°Brix เนื่องจากชาได้มีการผสมของหล่อฮั้งก้วยเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วน และหล่อฮั้งก้วยมีสารโมโกรไซด์ (mogrosides) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มไตรเตอร์ปีน ไกลโคไซด์ (triterpene glycosides) เป็นสารที่มีรสชาติหวานจึงทำให้มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่ามากขึ้น (สาโรจ, 2552) การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่า เครื่องดื่มชาชงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วยอัตราส่วน 100:0 มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากที่สุด คือ 6.62 เนื่องจากสารอาหารทุกอย่างมีคุณสมบัติทางเคมีเป็นกลาง และกรดหรือด่างเท่านั้น กรดมีในอาหารที่เป็นเนื้อสัตว์ ไขมัน และผลไม้รสเปรี้ยว เช่นกรดไขมัน กรดโปรตีน กรดวิตามินซี ด่างมักจะอยู่ในพืชและผลไม้รสในทางฝาด เช่น ฝรั่ง แคนตา-ลูป น้อยหน่า กล้วยดิบ หล่อฮั้งก้วย จับเลี้ยง เก๊กฮวย ใบบัวบก เป็นต้น (ภาคิน, 1997) ข้อมูลจากการทดลองเบื้องต้นได้วัดค่าความเป็นกรดด่างของหล่อฮั้งก้วยเพียงอย่างเดียวค่าที่วัดได้เท่ากับ 5.55 ดังนั้นเมื่อผสมเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วยในอัตราส่วน 50:50 จึงมีค่าความเป็นกรด-ด่าง น้อยที่สุด การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (mgGAE/ml) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน โดย เครื่องดื่มชาชงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วย มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอยู่ในช่วง 0.05-0.06 mgGAE/ml การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า เครื่องดื่มชาชงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วยอัตราส่วน 100:0 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ ร้อยละ 31.42 และเครื่องดื่มชาชงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วยอัตราส่วน 50:50 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 17.69 ข้อมูลจากการทดลองเบื้องต้นได้วัดค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของหล่อฮั้งก้วยเพียงอย่างเดียวได้ค่าเท่ากับ ร้อยละ 5.73 เนื่องจากหล่อฮั้งก้วยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าในเปลือกลองกอง เมื่อนำชาชงจากเปลือกลองกองมาผสมต่อหล่อฮั้งก้วยในอัตราส่วน 50:50 จึงมีค่าน้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม ชาเปลือกลองกองต่อหล่อฮั้งก้วยอัตราส่วน 100:0 มีปริมาณร้อย

ละการยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด และชาเปลือกลองกองต่อหล่อฮั๊งก้วยอัตราส่วน 50:50 มีปริมาณร้อยละการยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด

การยอมรับด้านลักษณะปรากฏ (สี/ความใสในเครื่องดื่มชาชงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั๊งก้วยอัตราส่วน 80:20 มากที่สุด คือ 7.17 เนื่องจากอัตราส่วนการผสมของชาเปลือกลองกองกับหล่อฮั๊งก้วยในอัตราส่วนที่ต่างกัน ทำให้สีของชาชงเปลือกลองกองผสมหล่อฮั๊งก้วย แตกต่างกันโดยสีของชาเปลือกลองกองต่อหล่อฮั๊งก้วยอัตราส่วน 50:50 มีสีเข้มมากกว่าชาเปลือกลองกองต่อหล่อฮั๊งก้วยอัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 70:30 และ 60:20 ตามลำดับ การยอมรับด้านกลิ่น การยอมรับด้านกลิ่นรสชาติ และ การยอมรับด้านความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มชาชงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั๊งก้วยอัตราส่วน 90:10 มากที่สุด

สรุปผล

เครื่องดื่มชาชงจากเปลือกลองกองผสมหล่อฮั๊งก้วยอัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 70:30 60:20 และ 50:50 พบว่าเครื่องดื่มชาชงจากเปลือกลองกองต่อหล่อฮั๊งก้วยอัตราส่วน 100:0 มีปริมาณสารฟีนอลิกมากที่สุด คือ 0.06 mgGAE/ml และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือร้อยละ 31.42 ปริมาณกรดเท่ากับร้อยละ 0.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) เท่ากับ 0.2°Brix ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.62 แต่เมื่อทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมจำนวน 40 คน พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของเครื่องดื่มชาชงเปลือกลองกองต่อหล่อฮั๊งก้วยอัตราส่วน 90:10 มากที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการเสนอผลงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย, 2554, เปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกรวมของเปลือกผลไม้, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

พงศธร ล้อสุวรรณ, 2551, สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาคิน, 1997, หล่อฮั๊งก้วย, วิธีสืบค้นสารสนเทศ, [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: http://www.thaihypno.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 20 กรกฎาคม 2555).

สถาบันชามหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2010, กระบวนการผลิตชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ, วิธีสืบค้นสารสนเทศ, [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : http://www.teainstitutemfu.com/article/process.html. (วันที่ค้นข้อมูล: 25 ธันวาคม 2555).

สาโรจ ธีรศิลป, 2552, เคล็ดลับความรู้เรื่องสมุนไพร, วิธีสืบค้นสารสนเทศ, [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : http://www.drsaroj.co.th/knowledge.htm. (วันที่ค้นข้อมูล: 12 มกราคม 2556).

Kesta, S. and Atantee, S., 1998, Phenolic, Lignin, Peroxidase Activity and Increased Firmness of Damaged Pericarp of Mangosteen Fruit after Impact, Postharvest Biology and Technology, 14: 117-124.

Singleton, V.L. and Rossi, J.J.A., 1965, Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybicposphotungstic Acid Reagent, American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-157.

Table 1 Chemical quality of tea beverage from longkong peel mixed with Luo Hang Guay at 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 and 50:50

Longkong peel:Luo Hang Guay	Titratable acidity (%)	Total soluble solid (%)	pH	Total phenolic content (mgGAE/ml)	Antioxidant content (% inhibition)
100:0	0.30^{c}	0.20^{d}	6.62^{a}	0.06	31.42^{a}
90:10	0.33^{bc}	0.23^{d}	6.50^{b}	0.06	28.25^{ab}
80:20	0.37^{abc}	0.27^{cd}	6.40^{c}	0.06	25.57^{abc}
70:30	0.38^{ab}	0.33^{bc}	6.21^{d}	0.05	24.17^{bcd}
60:40	0.40^{ab}	0.37^{b}	6.05^{e}	0.05	20.87^{cd}
50:50	0.43^{a}	0.47^{a}	6.00^{e}	0.05	17.67^{d}

Table 2 Sensory scores of tea beverage from longkong peel mixed with Luo Hang Guay at 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 and 50:50

Longkong peel:Luo Hang Guay	Color/clear	odor	Taste	Overall acceptability
100:0	6.38^{c}	6.25^{ab}	5.40	5.75^{b}
90:10	6.70^{abc}	6.45^{a}	5.72	6.17^{a}
80:20	7.17^{a}	6.35^{a}	5.70	6.15^{ab}
70:30	6.95^{ab}	6.15^{abc}	5.55	5.90^{ab}
60:40	6.57^{bc}	5.92^{bc}	5.45	5.97^{ab}
50:50	6.50^{bc}	5.85^{c}	5.45	5.85^{ab}

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกของข้าวเกรียบกุ้งเสริมผงใบบัวบก

The Antioxidant Capacity and Polyphenol Content of Prawn Crispy Crackers with Gotu Kola (*Centella asiatica*) Powder

อินทิรา ลิจันทร์พร[1] ศัลธยา อาจณรงค์[1] ชฎาพร สาฤทธิ์ดี[1] และ วันดี จันหอม[1]

Lichanporn, I.[1], Ardnarong, S.[1], Saritdee, C.[1] and Jandee, W.[1]

Abstract

This research examined the effect of adding Gotu Kola powder at different percentages (0, 5, 10 and 15% by weight of starch) on phenolic content, antioxidant capacity, fiber, ash and sensory attributes of prawn crispy crackers. Results showed that increasing the Gotu Kola power concentration resulted in increased phenolic content, antioxidant capacity, fiber and ash. The prawn crispy crackers with 15% Gotu Kola powder had the m ost phenolic content, antioxidant capacity, fiber and ash at 20.39 µl/ml, 57.61 µl/ml, 2.03 and 5.78% respectively. However, sensory scores (color, texture and overall acceptability) of prawn crispy cracker with 10 and 15% Gotu Kola powder was lower than that of 0 and 5% Gotu Kola powder based on. It is recommended that a 5% Gotu Kola powder prawn crispy cracker be developed because results indicate that phenolic content, antioxidant capacity, fiber and ash were higher than that of the control.

Keywords: polyphenol content, antioxidant capacity, prawn crackers, Gotu Kola

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของผงใบบัวบกความเข้มข้นร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณเส้นใย ปริมาณเถ้า และการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้ง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณผงใบบัวบกสามารถเพิ่มสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณเส้นใย และปริมาณเถ้า ข้าวเกรียบกุ้งเสริมผงใบบัวบกร้อยละ 15 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณเส้นใย และปริมาณเถ้ามากที่สุด เท่ากับ 20.39 µl/ml 57.61 µl/ml ร้อยละ 2.03 และร้อยละ 5.78 ตามลำดับ แต่เมื่อทดสอบความชอบด้านประสาทสัมผัสพบว่าการเสริมผงใบบัวบกในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งร้อยละ 10 และ 15 ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านสี เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวมน้อยกว่าข้าวเกรียบกุ้งเสริมผงใบบัวบกร้อยละ 0 และ 5 อย่างไรก็ตามการเสริมผงใบบัวบกในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งร้อยละ 5 จึงสมควรได้รับการพัฒนาต่อไป เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าการไม่ใส่ผงใบบัวบก

คำสำคัญ: โพลีฟีนอล สารต้านอนุมูลอิสระ ข้าวเกรียบ ใบบัวบก

คำนำ

ผักใบเขียวมีสารคลอโรฟิลล์ที่อุดมไปด้วยเบต้าแคโรทีนอิโนซิโทล วิตามิน A วิตามิน E วิตามิน B ทองแดง สังกะสี เหล็ก แมกนีเซียม ไอโอดีน และเกลือแร่อีกมากมายหลายอย่าง การกินผักใบเขียว ช่วยในการเผาผลาญโปรตีน แป้งและไขมัน แก้ท้องผูกช่วยรักษาสมดุลของเกลือแร่ในร่างกาย ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ต่างๆ ใบบัวบกเป็นผักอีกชนิดหนึ่งที่สามารถช่วยรักษาแผลให้หายได้เร็วขึ้นและยังช่วยลดอาการอักเสบของแผลได้ดีเพราะมีกรดมาเดคาสสิก (madecassic acid) กรดอะเซียติก (asiatic acid) และสารอะเซียติโคไซด์ (asiaticoside) (นิดดา และคณะ, 2550) นอกจากนี้ผักยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ และมีเบต้าแคโรทีนสูงซึ่งถือว่าเป็นแหล่งสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระในการเสริมภูมิต้านทาน และต้านมะเร็ง ข้าวเกรียบกุ้งเป็นขนมปังกรอบที่ทำจากแป้งและส่วนประกอบอาหารอื่นที่มักให้รสชาติ อาจมีส่วนประกอบของ เนื้อสัตว์หรือผักหรือผลไม้ บดผสมให้เข้ากับเครื่องปรุงรส แล้วทำให้เป็นรูปทรงตามต้องการนึ่งให้สุกตัดให้เป็นแผ่นบางๆนำไปทำให้แห้งด้วยแสงแดดหรือวิธีอื่นที่เหมาะสมอาจทอดก่อนบรรจุหรือไม่ก็ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำข้าวเกรียบกุ้งมาเสริมผักเพื่อ

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala Univerisity of Technology Thanyaburi

ศึกษาปริมาณของใบบัวบกที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบกุ้ง และเพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้งเสริมใบบัวบก เพื่อเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์ มีรสชาติอร่อยกลมกล่อมมากขึ้น และได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีประโยชน์ต่อคนรักสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมผงใบบัวบก

นำใบบัวบก มาล้างน้ำสะอาดหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง หรือจนมีความชื้นประมาณร้อยละ 7-8 จากนั้นนำมาบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบด (SHARP รุ่น EM-ICE) นาน 1 นาที จนเป็นผงละเอียด

การผลิตข้าวเกรียบกุ้ง

นำกุ้ง เกลือ กระเทียมปั่นละเอียด แป้งมัน พริกไทย ผงใบบัวบก (ร้อยละ 0, 5, 10 และ 20) ใส่ส่วนผสมทั้งหมดรวมกันแล้วค่อยๆ เติมน้ำเดือดลงไป จากนั้นนวดจนแป้งเนียนนำก้อนแป้งใส่ถุงๆ ละ 100 กรัม คลึงให้กลมจากนั้นนำไปนึ่งในลังถึง 1 ชั่วโมง เก็บก้อนแป้งไว้ในตู้เย็น 1 คืน ใช้มีดหั่นก้อนแห้งให้มีขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design; CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range; DMRT Test ที่ระดับนัยสำคัญ 95%

การวิเคราะห์คุณภาพ

การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin Ciocalteu Colorimetric Method (ดัดแปลงจาก วิไลพร, 2551) การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 1,1-Diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH) (ดัดแปลงจาก บังอร และ ศิริลักษณ์, 2549) การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในอาหาร (AOAC, 2000) การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (Crude fiber) (AOAC, 2000)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale ประเมินคุณภาพด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design; RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test; DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณเส้นใยของข้าวเกรียบกุ้งเสริมผงใบบัวบกที่ใช้ปริมาณผงใบบัวบกที่แตกต่างกันปริมาณร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 พบว่าการเพิ่มปริมาณผงใบบัวบกในข้าวเกรียบกุ้งส่งผลให้มีปริมาณเส้นใย และปริมาณเถ้าเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะข้าวเกรียบกุ้งที่เสริมผงใบบัวบกร้อยละ 15 มีปริมาณเส้นใยมากที่สุดคือร้อยละ 2.03 เนื่องจากใบบัวบกเป็นผักที่มีปริมาณเส้นใยสูงซึ่งดีต่อร่างกายช่วยดูดซับน้ำต่างๆ ลดอาการท้องผูก (กรรณิกา, 2548) และข้าวเกรียบกุ้งที่เสริมผงใบบัวบกร้อยละ 15 มีปริมาณเถ้ามากที่สุด คือร้อยละ 5.78 และข้าวเกรียบกุ้งที่เสริมผงใบบัวบกร้อยละ 0, 5 และ 10 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 5.78, 4.73, 5.22 และ 5.24 ตามลำดับ และพบว่า เถ้ามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณผงใบบัวบกที่เพิ่มขึ้นทั้งนี้เพราะเถ้าในข้าวเกรียบเสริมผงใบบัวบกคือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลืออยู่หลังการเผาที่อุณหภูมิสูงจนกระทั่งสารอนินทรีย์ถูกเผาไหม้ไป พบว่าแร่ธาตุในซังขนุนได้แก่ เหล็ก แคลเซียม และฟอสฟอรัสที่คาดว่าหลงเหลือจากการเผาเถ้า เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ค่าเส้นใยที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณผงใบบัวบก (เนาวรัตน์, 2549) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระก่อนทอดของข้าวเกรียบกุ้งเสริมผงใบบัวบกร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 พบว่ามีปริมาณสูงกว่าหลังทอด เช่น เดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอล และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณผงใบบัวบกที่เสริมลงไปในข้าวเกรียบเนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระสลายตัวเมื่อถูกแสงแดด ความร้อน ความชื้น และออกซิเจนในอากาศ (พิมลพรรณ, 2549) จากการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสทั้งด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมพบว่าข้าวเกรียบกุ้งเสริมผงใบบัวบกร้อยละ 10 และ 15 ผู้ทดสอบชิมให้การ

ยอมรับด้านสี เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวมน้อยกว่าข้าวเกรียบกุ้งเสริมผงใบบัวบกร้อยละ 0 และ 5 โดยการเสริมผงใบบัวบกไม่มีผลต่อกลิ่นรสของข้าวเกรียบกุ้ง ทั้งนี้การเสริมผงใบบัวบกในปริมาณมากมีเศษผงของใบบัวบกมากไปทำให้ทอดออกมากแล้วไม่พองตัว ถ้าแห้งหนาการพองตัวน้อยทำให้เนื้อแข็ง (ศิริธร, 2547) ข้าวเกรียบที่เสริมผงใบบัวบกในปริมาณมาก เมื่อใช้เวลานึ่งเท่ากันสุกไม่ถึงด้านใน และเมื่อนำมาทอดทำให้พองตัวได้ไม่ดี และยังสัมผัสถึงผงของใบบัวบกอีกด้วย (สุดารัตน์, 2547)

สรุปผล

จากการศึกษาข้าว เกรียบกุ้งเสริมผงใบบัวบกต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าข้าวเกรียบกุ้งเสริมผักใบบัวบกที่ร้อยละ 15 มีปริมาณเส้นใย เถ้า สารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลมากที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมในข้าวเกรียบกุ้งเสริมผงใบบัวบกร้อยละ 0 และร้อยละ 5 มากที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการเสนอผลงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรรณิกา คำหลิ้ม, 2548, ปริมาณเส้นใยในอาหาร, วิทยานิพนธ์ศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิดดา หงษ์วิวัฒน์ ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์ และสุภาพรรณ เยี่ยมชัยภูมิ, 2550, ผักคุณค่าอาหารและการกิน 333 ชนิด, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แสงแดด.

เนาวรัตน์ พลายน้อย, 2549, ปริมาณเถ้าในอาหาร, คณะสังคมและมนุษศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

บังอร วงศ์รัก และศิริลักษณ์ ปิยสุวรรณ, 2549, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้าน, คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล

พิมลพรรณ พิทยานุกูล, 2549, นิตยาสารฉลาดซื้อ, คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิไลพร ปองเพียร, 2551, การศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในฟักแม้ว, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

ศิริธร ศิริอมรพรรณ, 2547, ข้าวเกรียบว่าวย่าง, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุดารัตน์ พริกบุญจันทร์, 2547, การพัฒนาคุณภาพข้าวเกรียบปลา, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

A.O.A.C., 2000, Official Methods of Analysis Association of Official Chemists, Inc. Washington, D.C.

Table 1 Fiber and ash of prawn crispy crackers with Gotu Kola (*Centella asiatica*)

Gotu Kola powder (%)	Fiber (%)	Ash (%)
0	0.78^{d}	4.73^{c}
5	1.32^{c}	5.22^{b}
10	1.56^{b}	5.24^{b}
15	2.03^{a}	5.78^{a}

Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

Table 2 Antioxidant capacity and phenolic content before and after prawn crispy crackers with Gotu Kola (*Centella asiatica*) were fried.

Gotu Kola powder (%)	Antioxidant capacity (µl/ml)		Phenolic content (µl/ml)	
	Before$^{)}$	After	Before$^{)}$	After
0	28.30^{d}	17.45^{c}	10.36^{c}	7.75^{b}
5	32.55^{c}	20.38^{c}	16.89^{b}	8.28^{b}
10	46.98^{b}	44.07^{b}	20.08^{a}	14.34^{a}
15	57.61^{a}	48.88^{a}	20.39^{a}	14.59^{a}

Mean of the same column with different superscripts indicating significantly difference s ($p \leq 0.05$)

Table 3 Sensory scores of prawn crispy crackers with Gotu Kola (*Centella asiatica*) as affected by different levels of Gotu Kola powder

Gotu Kola powder (%)	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
0	7.87^{a}	7.20	7.37^{a}	7.33^{a}	7.63^{a}
5	7.00^{b}	7.13	5.67^{b}	7.50^{a}	7.47^{a}
10	6.00^{c}	6.63	7.10^{a}	6.73^{b}	6.17^{b}
15	5.70^{c}	6.67	6.07^{b}	6.97^{ab}	6.37^{b}

Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

ผลของแบคทีเรียกรดแลคติกต่อคุณภาพของการหมักผักกาดเขียวปลี

Effects of Lactic Acid Bacteria on Quality of Chinese Mustard Green (*Brassica juncea* L.) Fermentation

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์[1] วัลย์ลิกา สมบัติมี[1] และกฤติกา ศรีแดน[1]

Tanganurat, P.[1], Sombutmee, W.[1] and Sridan, K.[1]

Abstract

This study was conducted out to investigate the effects of starter culture of *Lactobacillus plantarum* M29 the on quality of Chinese mustard green (*Brassica juncea* L.) fermentation compared to conventional and back-slopping fermentation methods. Results showed that the pH of mustard green fermentation using starter culture decreased rapidly. Changes of lactic acid bacteria flora throughout various fermentation methods were analyzed in this study. No differences were found among the population of lactic acid bacteria after 12 days. Enumeration of yeast and mold was reduced significantly in starter fermentation using *L. plantarum* M29. In addition, *E. coli* was not found in all fermentation, thus, it is safe for the consumer. Sensory analysis showed that starter fermentation resulted in palatability and overall taste appreciation. Consequently, the starter culture is of great importance in the manufacturing of Chinese mustard green fermentation with improved microbiological and sensorial quality.

Keywords: lactic acid bacteria, Chinese Mustard Green, fermentation, starter culture

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาผลของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* M29 ต่อคุณภาพของ การหมักผักกาดเขียวปลีโดยเปรียบเทียบการหมักแบบดั้งเดิม Back-slopping และใช้กล้าเชื้อ ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยน แปลงทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผักกาดดอง ผลการศึกษาพบว่าการผลิต ผักกาดเขียวปลีดองโดยใช้กล้าเชื้อใช้ระยะเวลาทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับการหมัก โดยวิธีดั้งเดิม และ Back-slopping แต่ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกไม่แตกต่างกันในวันสุดท้ายของกระบวนการหมัก (12 วัน) การตรวจนับจำนวนยีสต์และรา พบว่า ผักกาดเขียวปลีดองแบบใช้กล้าเชื้อมีปริมาณยีสต์และราลดลงอย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งไม่พบเชื้อ *E. coli* จึงมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบยอมรับ ผักกาดเขียวปลีดองแบบใช้กล้าเชื้อมากที่สุด ด้วยเหตุนี้กล้าเชื้อจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพทางจุลินทรย์และประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ผักกาดเขียวปลีดอง

คำสำคัญ: แบคทีเรียกรดแลคติก ผักกาดเขียวปลี กระบวนการหมัก กล้าเชื้อ

คำนำ

ผักกาดเขียวปลีหรือ Chinese mustard green (*Brassica juncea* L.) ไม่นิยมนำมาบริโภคสด มักนำมาแปรรูป เป็นผักกาดเขียวปลีดองซึ่งเป็นวิธีการเก็บรักษาและถนอมอาหารที่เก่าแก่วิธีหนึ่ง แต่เนื่องจากความแตกต่างของการควบคุม สภาวะและปัจจัยในกระบวนการดองแต่ละครัวเรือนหรือแหล่งผลิต โดยปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณและชนิดเกลือ ระยะเวลา การดอง วัตถุดิบเริ่มต้น และอุณหภูมิระหว่างการดอง ซึ่งเหล่านี้ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้คุณภาพ ที่ไม่แน่นอน ขาดความสม่ำเสมอ มีสีคล้ำ ความกรอบน้อย และกลิ่นไม่พึงประสงค์ เนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติ แตกต่างกัน โดยการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักอาหารมีผลให้เกิดกลิ่นรส และลักษณะทางประสาทสัมผัส ที่แตกต่างกัน ในปัจจุบันกระบวนการผลิตอาหารหมักส่วนมากยังคงอาศัยแบคทีเรียกรดแลคติกที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบซึ่งหากมีแบคทีเรีย กรดแลคติกในจำนวนมากพอ ทำให้การหมักเกิดขึ้นได้ แต่หากมีจำนวนน้อยทำให้ไม่เกิดการหมักอย่างสมบูรณ์ส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมการหมักให้ได้คุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นการใช้จุลินทรีย์บริสุทธิ์ และสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูง จึงง่ายต่อการควบคุมการผลิตอาหารหมักดอง และเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีกลิ่นรสที่ดี และสร้างความแปลกใหม่ ให้กับอาหาร

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Department of Agro-Industrial technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

ด้วยเหตุนี้การวิจัยครั้งนี้จึงสนใจศึกษาผลของแบคทีเรียกรดแลคติกต่อคุณภาพของผักกาดเขียวปลีดองโดย กรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิม แบบ Back-slopping และแบบใช้กล้าเชื้อ *L. plantarum* M29 ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง ทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาของผักกาดดองระหว่างกระบวนการหมัก และศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผักกาด ดองจากทั้ง 3 วิธี

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของวิธีการหมักต่อคุณภาพของผักกาดเขียวปลีดอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) หมักผักกาดเขียวปลีดองแต่ละสิ่งทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้ ผักกาดเขียวปลีดองแบบดั้งเดิม แบบ Back-slopping และแบบใช้กล้าเชื้อ *L. plantarum* M29 (วินี, 2553)

วิธีการทำผักกาดดอง

นำผักกาดเขียวปลีล้าง และตัดส่วนเสียออก จากนั้นนำผักใส่ตะแกรงทิ้งไว้ข้ามคืน ที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปดอง

แบบดั้งเดิม นำผักกาดเขียวปลีจำนวน 400 กรัม เรียงใส่โหล เติมน้ำดอง 1,000 มิลลิลิตร ประกอบด้วย น้ำตาล 10 % (w/v) และเกลือ 5 % (w/v) โดยให้น้ำดองท่วมผัก ปิดฝาให้แน่น

แบบ Back-slopping นำผักกาดเขียวปลีจำนวน 400 กรัม เรียงใส่โหล เติมน้ำดอง 1,000 มิลลิลิตร ประกอบด้วย น้ำดองเก่า 15 % (v/v) น้ำตาล 10 % (w/v) และเกลือ 5 % (w/v) โดยให้น้ำดองท่วมผัก ปิดฝาให้แน่น

แบบใช้กล้าเชื้อ นำผักกาดเขียวปลีจำนวน 400 กรัม เรียงใส่โหลเติมน้ำดอง 1,000 มิลลิลิตร ประกอบด้วยกล้าเชื้อ 2 % (v/v) น้ำตาล 10 % (w/v) และเกลือ 5 % (w/v) โดยให้น้ำดองท่วมผัก ปิดฝาให้แน่น

การเตรียมกล้าเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น นำเชื้อบริสุทธิ์ที่เก็บไว้ที่ -20°C มาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง de Man Rogosa Sharpe (MRS) บ่มเป็นเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 37°C จากนั้นย้ายโคโลนีเดี่ยวลงในอาหารเหลวปริมาตร 10 มิลลิลิตร บ่มเป็นเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 37°C หลังจากบ่มแล้ว นำมาทำการปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 5 นาที ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 3 ครั้งก่อนนำไปใช้เป็นกล้าเชื้อ ดัดแปลงจากวิธีการของ Guergolette และคณะ (2010)

การวิเคราะห์คุณภาพผักกาดเขียวปลีดองในระหว่างกระบวนการหมัก โดยวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด และตรวจนับจำนวนแบคทีเรียแลคติก หลังกระบวนการหมักทำการวิเคราะห์ความแน่นเนื้อ ตรวจนับแบคทีเรียทั้งหมด *E. coli* (MPN) และยีสต์และรา รายงานปริมาณเชื้อที่นับได้ในหน่วย log CFU ต่อกรัมของผักกาดดอง จากนั้นทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9 - Points Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบ สุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) และทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผักกาดเขียวปลีดองแบบดั้งเดิม แบบ Back-slopping และแบบใช้กล้าเชื้อ *L. plantarum* M29 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพ เคมี ในระหว่างกระบวนการหมักดองเป็นระยะเวลา 12 วัน พบว่า ผักกาดเขียวปลีดองแบบใช้กล้าเชื้อ มีค่าความเป็นกรดด่างลดลงอย่างรวดเร็วอยู่ระหว่าง 3.81 – 3.43 ในระยะแรกของกระบวนการหมัก (วันที่ 2 - 6) และแตกต่างจากผักกาดเขียวปลีดองแบบดั้งเดิม (5.16 – 3.78) และแบบ Back-slopping (5.23 – 3.63) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความเป็นกรดด่างหลังจากวันที่ 6 จนสิ้นสุด กระบวนการหมักดอง (ไม่ได้แสดงข้อมูล) การที่ค่าความเป็นกรดด่างลดลงเนื่องจากการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติก ซึ่งมีความสามารถในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดแลคติก (Klaenhammer, 1998) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ทุกสิ่งทดลองมีค่าความเป็นกรดด่างตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยต้องมีค่าไม่เกิน 4.5 (มผช. 284/2547)

จำนวนแบคทีเรียแลคติกของผักกาดเขียวปลีดองทั้ง 3 สิ่งทดลองในระยะเวลา 12 วัน ทำการตรวจนับในวันที่ 0, 3, 6, 9 และ 12 แสดงดัง Table 1 พบว่าผักกาดเขียวปลีดองแบบดั้งเดิมมีจำนวนเชื้อแบคทีเรียแลคติกอยู่ในช่วง 2.85 - 8.76 log CFU/g ซึ่งต่ำกว่าแบบ Back-slopping (4.14 - 8.21 log CFU/g) และแบบใช้กล้าเชื้อ (7.48 - 8.76 log CFU/g) ในช่วงแรกของการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และไม่พบความแตกต่างเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก

Table 1 Changes in the counts of lactic acid bacteria (log CFU/g) during Chinese mustard green fermentation

Fermentation time (day)	Traditional	Back-slopping	Starter culture
0	2.85^{b}	4.14^{b}	7.48^{a}
3	6.88^{b}	7.25^{b}	8.76^{a}
6	8.33^{b}	7.94^{a}	8.68^{b}
9	8.76^{a}	7.92^{b}	8.07^{b}
12	8.05	8.21	8.63

Means values (n=3) in the same row with different superscripts are significantly different ($p< 0.05$)

ในวันแรกของกระบวนการหมัก จำนวนแบคทีเรียแลคติกในการหมักแบบดั้งเดิมน้อยมาก และค่อยๆ เพิ่มขึ้น สำหรับผักกาดเขียวปลีดองแบบใช้กล้าเชื้อมีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกมากกว่าผักกาดเขียวปลีดองแบบ Back-slopping และ แบบดั้งเดิม ตามลำดับ และมีจำนวนไม่แตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก สอดคล้องกับฟองจันทร์ (2543) ที่กล่าวว่า ปริมาณแบคทีเรียที่เพิ่มขึ้น ทำให้อาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตลดลง ซึ่งมีอัตราการแบ่งเซลล์น้อยลง เนื่องจากการลดลงของ ซับสเทรต จึงส่งผลให้ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกคงที่เช่นเดียวกัน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผักกาดเขียวปลีดอง ในส่วนของลักษณะเนื้อสัมผัส โดยวัดค่าความแข็ง (Hardness) แสดงดัง Table 2 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากผักกาดเขียวปลีดองทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีระดับความเป็นกรดด่าง 3.5 ซึ่งเป็นสภาวะที่ทำให้เพคติกมีความสามารถจับกับแคลเซียมได้มากขึ้น และยับยั้งเอนไซม์เซลลูเลสและเอนไซม์กาแลคทูโรเนสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการสร้างโครงสร้างหรือผนังเซลล์ของพืช ดังนั้นจึงสามารถชะลอไม่ให้เนื้อผักกาดดองนิ่มเละได้ (Fleming และคณะ, 1993)

Table 2 Hardness and microbiological properties of fermented Chinese mustard green by different methods

Treatment	Hardness (N)	Total Plate Count (logCFU/g)	Yeast&Mold (logCFU/g)	*E. coli* (MPN)
Traditional	1011.47	7.30	3.34^{a}	-
Back-slopping	1133.69	8.05	3.06^{b}	-
Starter culture	1061.02	7.43	1.73^{c}	-

Means values (n=3) in the same column with different superscripts are significantly different ($p< 0.05$)

จาก Table 2 แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์รา และ *E. coli* ของผักกาดเขียวปลีดองทั้ง 3 สิ่งทดลอง พบว่าจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ส่วนจำนวนเชื้อยีสต์รา พบว่าผักกาดเขียวปลีดองแบบดั้งเดิมมีจำนวน 3.34 log CFU/g มากกว่าผักกาดเขียวปลี Back-slopping และแบบใช้กล้าเชื้อ *L. plantarum* M29 ซึ่งมีจำนวนเท่ากับ 3.06 และ 1.73 log CFU/g ตามลำดับ โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 4 log CFU/g สำหรับ *E. coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็นต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และยีสต์ราต้องไม่เกิน 2 log CFU/g จะเห็นได้ว่าแบคทีเรียทั้งหมดเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชุนกำหนด อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียกรดแลคติกซึ่งพบในกระบวนการหมักดัง Table 1 หรืออาจปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ เห็นได้ว่าจากผลการทดลอง ครั้งนี้ผักกาดเขียวปลีดองแบบใช้กล้าเชื้อมีจำนวนยีสต์ราตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนด (มผช.284/2547)

จากการวิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผักกาดเขียวปลีดองโดยใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของทั้ง 3 สิ่งทดลองได้ผลดังแสดงใน Table 3

Table 3 Sensorial evaluation of Chinese mustard green fermentation

Treatment	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptance
Traditional	6.80^{b}	6.63^{b}	6.67^{b}	7.20	6.97^{b}
Back-slopping	7.43^{a}	6.53^{b}	6.70^{b}	7.10	6.93^{b}
Starter culture	7.13^{ab}	7.27^{a}	7.37^{a}	7.33	7.50^{a}

Means values (n=30) in the same column with different superscripts are significantly different ($p< 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ผักกาดเขียวปลีดองทั้ง 3 สิ่งทดลอง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ในด้านสี กลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวม ยกเว้นลักษณะเนื้อสัมผัสซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน โดยผักกาดเขียวปลีดองแบบ Back-slopping มีคะแนนความชอบด้านสีมากกว่าผักกาดเขียวปลีดองแบบใช้กล้าเชื้อ และ แบบดั้งเดิม ส่วนผักกาดเขียวปลีดองแบบใช้กล้าเชื้อมีคะแนนด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด เนื่องจากการ ใช้กล้าเชื้อมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นและรสชาติดีขึ้น (สุมณฑา, 2545)

สรุปผล

ผักกาดเขียวปลีดองแบบดั้งเดิม Back-slopping และแบบใช้กล้าเชื้อมีค่าความเป็นกรดด่างตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนด จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกระหว่างกระบวนการหมักผักกาดเขียวปลีดองแบบใช้กล้าเชื้อ *L. plantarum* M29 มากกว่าการหมักแบบอื่นๆ และจำนวนเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ส่วนจำนวนยีสต์และราจากผักกาดดอง แบบใช้กล้าเชื้อมีปริมาณต่ำที่สุด (1.73 log CFU/g) และไม่พบเชื้อ *E. coli* นอกจากนี้ผักกาดเขียวปลีดองแบบใช้กล้าเชื้อ ยังได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์สามารถควบคุมกระบวนการหมักและ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ผักกาดเขียวปลีดองได้

เอกสารอ้างอิง

วินี ตั้งอนุรัตน์, 2553, ความหลากหลายของแบคทีเรียกรดแลคติกจากผักและผลไม้ดองของไทยโดยใช้เทคนิคทางฟีโนไทป์และจีโนไทป์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 202 หน้า.

ฟองจันทร์ ชลอกลาง, 2543, ผลของความเข้มข้นเกลือและระยะเวลาในการหมักต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผักกาดเขียวปลีดองเค็ม, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักกาดดอง, 2547, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. มผช.284/2547. แหล่งที่มา http://www.nectec.or. th/ courseware/siamculture/otop-tis/tcps284_47.pdf, สิงหาคม 2549, สืบค้นวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2549, จุลชีววิทยาทางอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 264.

Fleming, H.P., Mcfeeters, R.F., Thomson, R.L. and Seanders, D., 1993, Storage Stability of Vegetable Fermented Foods with pH Control, Journal of Food Science, 48: 975–981.

Klaenhammer, T.R., 1998, Bacteriocin of lactic acid bacteria. Biochimic, 70: 337-349.

Guergoletto, K.B., Magnani, M., Martin, J.S., Andracle, C.G.T. and Garcia, S., 2010, Survival of *Lactobacillus casei* (LC-1) Adhered to Prebiotic Vegetal Fibers, Innovative Food Science and Emerging Technology, 11: 415-421.

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 325-328 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 325-328 (2556)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นบะหมี่จากผงมะม่วง

Physical and Chemical Properties of Noodle from Mango Powder

นันท์ชนก นันทะไชย[1] **ธันวา ว่องไว**[1] **และ อรสิริ กระแสร์สินธุ์**[1]

Nanthachai, N.[1], Wongwai, T.[1] and Krasaesin, O.[1]

Abstract

A study on replacing of wheat flour with mango powder in fresh noodle was conducted using a mixture design technique. Component factors were mango powder, wheat flour, and water at 0-20, 60-90 and 10-20%, respectively. The physical and chemical qualities of noodles such as tensile strength, cooking loss, and crude fiber content were analyzed. Sensory evaluation included color, odor, taste, texture and general acceptability of the noodles. An analysis of chemical and physical properties of mango powder variety "Fa-Lan" showed that the amylose content was 8.55% and the viscosity was 180.04 RVU. Results indicated that the noodles with 10-20% mango powder had tensile strength, and crude fiber content ranging from 10.31 to 13.83 N/mm^2 and 1.63 to 1.95%, respectively. These values were significantly higher than the noodles without mango powder ($p \leq 0.05$). The use of mango powder as a substitute for wheat flour did not affect on cooking loss of fresh noodles. The sensory test showed that mango powder did affect odor, taste, and general acceptability between those noodles.

Keywords: noodle, mango, cooking loss, crude fiber

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ผงมะม่วงทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บะหมี่สด โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design กำหนดส่วนประกอบผันแปรได้แก่ ผงมะม่วง แป้งสาลี และน้ำ ในปริมาณ 0-20, 60-90 และ 10-20% ตามลำดับ ทดสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ ได้แก่ ค่าแรงดึง น้ำหนักที่สูญเสียภายหลังการให้ความร้อน และปริมาณเส้นใย ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผงมะม่วงพันธุ์ฟ้าลั่น พบว่ามีปริมาณอะไมโลส 8.55% และค่าความหนืดเท่ากับ 180.04 RVU ผลการทดลองพบว่าเส้นบะหมี่ที่เสริมผงมะม่วง 10-20% มีค่าแรงดึงและปริมาณเส้นใยอยู่ระหว่าง 10.31 – 13.83 N/mm^2 และ 1.63 – 1.95% ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าบะหมี่ที่ไม่ได้เสริมด้วยผงมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การใช้ผงมะม่วงทดแทนแป้งสาลีไม่มีผลต่อน้ำหนักที่สูญเสียภายหลังการให้ความร้อนของเส้นบะหมี่ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสสำหรับเส้นบะหมี่ที่เสริมและไม่เสริมผงมะม่วงพบว่าความชอบในด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: บะหมี่ มะม่วง ค่าน้ำหนักที่สูญเสียภายหลังการให้ความร้อน ปริมาณเส้นใย

คำนำ

แป้งสาลีเป็นองค์ประกอบหลักของบะหมี่ ซึ่งในสูตรการผลิตมีปริมาณถึง 90 – 95% ดังนั้นลักษณะของบะหมี่ ทั้งทางกายภาพและทางเคมี จึงมีผลมาจากแป้งเป็นส่วนใหญ่ (อรอนงค์, 2540) อย่างไรก็ตาม ได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของบะหมี่โดยใช้วัตถุดิบอื่นๆ เสริมในการทำเส้นบะหมี่ เช่น แป้งจากถั่วเขียวซีกและถั่วลิสงสามารถทดแทนในส่วนผสมทั้งหมดของการทำบะหมี่ได้ถึง 30 และ 20% ตามลำดับ เส้นบะหมี่ที่ได้ มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น 20.44 และ 13.47% ตามลำดับ (เปรมวดี, 2543) การเพิ่มเส้นใยในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่โดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยผักตำลึง (ทับทิม และ เบญจมาส, 2544) การใช้แป้งกล้วย 30% ข้าวโอ๊ต 10% และ β-glucan ทดแทนแป้งสาลี ได้บะหมี่ที่มีเส้นใยไม่ละลายน้ำสูง และสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น (Choo และคณะ, 2009) การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้า 20 – 30%

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2 พหลโยธิน 87 ซอย 2 ประธิปัตย์ ธัญบุรี ปทุมธานี 12130

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2 Phaholyothin 87 Soi 2, Prachathaipat, Thanyaburi, Pathumthani, 12130

และใช้น้ำ 44 – 45% ได้เส้นบะหมี่ที่มีคุณภาพไม่แตกต่างจากบะหมี่แป้งสาลี (ปริศนา และ กมลพรรณ์, 2546) Lia และคณะ (2012) ศึกษาผลของผงชาเขียวต่อคุณสมบัติรีโอโลจีของเส้นบะหมี่สด พบว่าความหนืดของแป้งข้าวสาลีเพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับการเพิ่มสัดส่วนผงชาเขียวที่ใช้ การเกิด gelatinization ของแป้งที่ผสมชาเขียวไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) และการเพิ่มผงชาเขียวช่วยชะลอการเกิด retrogradation ของเจลแป้งข้าวสาลีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) จัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากปลูกง่าย โตเร็ว รับประทานได้ทั้งผลดิบและผลสุก แปรรูปได้หลายชนิด นอกจากนี้การรับประทานมะม่วงยังเป็นประโยชน์ให้คุณค่าทางอาหารแก่ร่างกาย (กรมวิชาการเกษตร, 2554) แต่มะม่วงดิบอาจเกิดการชอกช้ำหรือมีตำหนิระหว่างการเก็บเกี่ยวและการขนส่งได้ จึงทำให้มะม่วงเหล่านี้มีราคาตก และไม่สามารถวางจำหน่ายได้ เนื่องจากมะม่วงดิบมีจำหน่ายมากในท้องตลาด หาได้ง่าย ราคาถูก และมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งอาจนำมาพัฒนาเป็นเส้นบะหมี่ได้ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผงมะม่วง และศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการทำเส้นบะหมี่เสริมผงมะม่วง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมผงมะม่วง

นำมะม่วงพันธุ์ฟ้าลั่น มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก ฝานมะม่วงให้เป็นชิ้นบางๆ นำไปแช่ด้วย CaCl 0.1N เป็นเวลา 30 นาที แล้วผึ่งให้แห้ง อบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C และนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (Laboratory Mill 120) วิเคราะห์คุณภาพของผงมะม่วง ได้แก่ ความหนืดโดยเครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA 4500, Perten) และปริมาณอะไมโลส

2. การผลิตบะหมี่เสริมผงมะม่วง

วางแผนการทดลองแบบ mixture design เพื่อศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการทำเส้นบะหมี่จากผงมะม่วง โดยกำหนดส่วนประกอบคงที่ได้แก่ เกลือ ไข่ไก่ และ $NaCO_3$ และส่วนประกอบผันแปร ได้แก่ แป้งสาลี 60-90% ผงมะม่วง 0-20% และน้ำสะอาด 10-20% ได้สิ่งทดลองสำหรับการทำเส้นบะหมี่ทั้งสิ้น 5 สิ่งทดลอง (Table 1)

Table 1 Treatments of fresh mango noodle; percentage of component factors determined by mixture design technique

Component factors (%)	Treatments				
	1	2	3	4	5
Wheat flour	60	70	75	80	90
Mango powder	20	20	10	0	0
Water	20	10	15	20	10

วิเคราะห์คุณภาพเส้นบะหมี่ ได้แก่ ปริมาณเส้นใย ค่าแรงดึง (tensile strength) ด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA.XT.plus และค่าน้ำหนักที่สูญเสียภายหลังการให้ความร้อน (cooking loss) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยนำตัวอย่างเส้นบะหมี่มาลวกในน้ำเดือด นาน 3 นาที เสิร์ฟตัวอย่างที่ละ 20 กรัม ทำการทดสอบความชอบคุณลักษณะด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 9 – point hedonic scaling

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผงมะม่วงมีลักษณะ เป็นผงละเอียด สีเขียวอ่อน มีกลิ่นของมะม่วงดิบ ปริมาณอะไมโลสของผงมะม่วงเท่ากับ 8.55% ในขณะที่แป้งสาลีทั่วไปมีปริมาณอะไมโลส 22 – 30% (อรอนงค์, 2540) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านความหนืดของผงมะม่วงและแป้งสาลี (Table 2) แสดงให้เห็นว่า แป้งสาลีมีอุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) และค่า peak time สูงกว่าผงมะม่วง ดังนั้นแป้งสาลีเมื่อให้รับความร้อนเริ่มหนืดช้ากว่าผงมะม่วง ใช้เวลามากกว่า และอุณหภูมิสูงกว่าผงมะม่วง จึงทำให้โดของบะหมี่ที่ใส่ผงมะม่วงเริ่มเป็นโดเร็วกว่าสูตรที่ไม่ใส่ผงมะม่วง แป้งสาลีมีความหนืดสูงสุด (peak viscosity) น้อยกว่าผงมะม่วง จึงทำให้ผงมะม่วงเกิด gelatinization ได้ดีกว่า ทำให้เกิดโดที่แข็งแรงกว่าแป้งสาลี ค่าผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (setback) แสดงถึงความสามารถในการจัดเรียงตัวใหม่ของอะไมโลสและอะไมโล-

เพคติน แป้งสาลีมีค่า setback มากกว่าผงมะม่วง จึงทำให้แป้งสาลีมีความสามารถในการเกิด retrogradation ได้ดีกว่าผงมะม่วง ลักษณะโดของสูตรที่มีแป้งสาลีมากมีเจลของโดที่อ่อนนุ่ม และเนียนเรียบกว่าสูตรที่มีผงมะม่วงมาทดแทน

Table 2 Viscosity of wheat flour mixed with mango powder

Graph names	Wheat flour	Mango powder
Pasting temperature (^{0}C)	47.50 $\pm$ 0.71	45.00 $\pm$ 0
Peak time (minute)	5.80 $\pm$ 0.70	4.25 $\pm$ 0.07
Peak viscosity (RVU)	148.92 $\pm$ 1.18	182.04 $\pm$ 0.65
Breakdown (RVU)	59.79 $\pm$ 0.88	70.96 $\pm$ 1.35
Final viscosity (RVU)	185.79 $\pm$ 2.42	145.21 $\pm$ 3.24
Setback (RVU)	96.67 $\pm$ 0.35	34.12 $\pm$ 1.23

1 RVU = 12 cP

จากการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของเส้นบะหมี่ทั้ง 5 สูตร โดยการสังเกตลักษณะปรากฏของเส้นบะหมี่หลังการลวกในน้ำเดือดนาน 3 นาที พบว่า ลักษณะปรากฏของเส้นบะหมี่ทั้ง 5 สูตร มีลักษณะในด้านกลิ่นที่คล้ายกัน ส่วนในลักษณะในด้านสี และเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างกัน ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ทั้ง 5 สิ่งทดลอง ค่า cooking loss และปริมาณเส้นใย แสดงดัง Table 3

ค่าแรงดึงของบะหมี่ที่ใส่ผงมะม่วงทดแทนมีค่ามากกว่าบะหมี่ที่ไม่ใส่ผงมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสูตรที่มีการใส่ผงมะม่วงทดแทนแป้งสาลีเกิด gelatinization ได้ดีกว่าแป้งสาลี จึงทำให้เกิดโดที่แข็งแรงกว่าแป้งสาลี เส้นบะหมี่ที่ได้จึงมีความเหนียว เป็นเส้น ขาดยากกว่าเส้นบะหมี่ที่ไม่ใส่ผงมะม่วง ซึ่งให้ผลตรงข้ามกับการเติมใบมะรุมผงในบะหมี่ (นภาลัย, 2554) และบะหมี่เติมผักโขมผง (นฤมล และคณะ, 2554) มีค่าความต้านทานต่อการดึงขาดและค่าความแน่นเนื้อลดลง ค่า cooking loss คือค่าที่บ่งบอกร้อยละการสูญเสียหลังจากผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ผ่านการให้ความร้อนมาแล้ว ซึ่งบะหมี่ทั้ง 5 สูตรมีค่า cooking loss ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) จึงทำให้สามารถใช้ผงมะม่วงในการทดแทนแป้งสาลีได้ บะหมี่ที่มีใส่ผงมะม่วงมีปริมาณเส้นใยมากกว่าบะหมี่ที่ไม่ใส่ผงมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากผงมะม่วงมีเส้นใยมากกว่าแป้งสาลี สอดคล้องกับงานวิจัยพัฒนาสูตรบะหมี่สดเสริมใยอาหารจากเยื่อเมือกเมล็ดแมงลัก (สถิระ, 2544) และบะหมี่เติมผักโขมผง (นฤมล และคณะ, 2554) มีปริมาณเส้นใยที่สูงกว่าสูตรควบคุมทั่วไป

Table 3 Tensile strength, cooking loss and fiber content of mango noodles

Component factors (%)			Tensile strength	Cooking loss	Fiber content
Wheat flour	Mango powder	Water	(N/mm^2)	(%) ^{ns}	(%)
60	20	20	12.57^b	15.64	1.95^a
70	20	10	13.83^a	18.36	1.72^b
75	10	15	10.31^c	14.04	1.63^c
80	0	20	8.84^d	13.15	1.13^d
90	0	10	9.24^d	16.07	0.81^e

Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

ns = not significantly differences ($p > 0.05$)

ผงมะม่วงมีผลกระทบต่อสีของบะหมี่สดทำให้ผู้ทดสอบชิมบางส่วนเกิดการไม่ยอมรับ เนื่องจากการให้ความร้อนแก่เส้นบะหมี่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุในผงมะม่วง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่มีลักษณะสีน้ำตาลเข้ม บะหมี่ที่ใช้แป้งสาลี ผงมะม่วง และน้ำ 70, 20 และ 10% ตามลำดับ มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากบะหมี่มีความแน่นเนื้อ นุ่ม เนียน และเหนียวมากกว่าบะหมี่สูตรอื่นๆ สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) (Table 4) แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ผงมะม่วงทดแทนแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์บะหมี่สดได้ถึง 20%

Table 4 Sensory evaluation of mango noodles

Component factors (%)			Color	Odor ns	Taste ns	Texture	General acceptability ns
Wheat flour	Mango powder	Water					
60	20	20	5.83[c]	6.33	6.50	6.43[b]	6.63
70	20	10	6.03[b]	6.67	6.87	7.20[a]	7.10
75	10	15	6.23[b]	6.70	7.03	6.97[ab]	6.87
80	0	20	7.13[a]	6.60	6.90	6.57[b]	6.63
90	0	10	7.50[a]	6.73	6.80	6.50[b]	7.00

Mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

ns = not significantly differences ($p>0.05$)

สรุปผล

บะหมี่ที่ใช้ผงมะม่วงทดแทนแป้งสาลีมีปริมาณเส้นใยและลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวมากกว่าบะหมี่ที่ไม่ใช้มะม่วง และการใช้ผงมะม่วงทดแทนแป้งสาลีไม่มีผลต่อค่า cooking loss ของเส้นบะหมี่ ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่ใช้แป้งสาลี ผงมะม่วง และน้ำ ร้อยละ 70, 20 และ 10 ตามลำดับ เป็นสูตรที่ผู้ทดสอบมีแนวโน้มให้การยอมรับมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2554, มะม่วง, แหล่งที่มา: http://it.doa.go.th/mango, วันที่สืบค้นข้อมูล 22 กรกฎาคม 2555.

ทับทิม อิ่มอรุณ และ เบญจมาส เต็มดี, 2544, การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่เสริมใยอาหารจากตำลึง, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สถาบันราชภัฏเพชรบุรี, เพชรบุรี.

นภาลัย ประสทธิ์เขตร์กิจ, 2554, ผลของการเติมใบมะรุมผงต่อคุณภาพหลังการต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่แห้ง, การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาศิลปากรระดับชาติครั้งที่ 1: การศึกษาเชิงสร้างสรรค์, มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพมหานคร, หน้า 1477-1481.

นฤมล พงษ์รามัญ สิรินันท์ พ้นภัย และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2554, ผลของการเติมผักโขมผงต่อคุณภาพของบะหมี่แห้ง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(2)(พิเศษ): 477-480.

ปริศนา สุวรรณาภรณ์ และ กมลพรรณ์ วิวัฒนวาณิชย์, 2546, ผลของปริมาณแป้งข้าวเจ้าและน้ำต่อคุณภาพของบะหมี่สดที่ใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลี, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, หน้า 100-107

เปรมวดี ฉายาปัญจะ, 2543, การเสริมแป้งถั่วในบะหมี่อบแห้ง, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

สถิระ หิรัญ, 2544, การพัฒนาสูตรบะหมี่สดเสริมใยอาหารจากเยื่อเมือกเมล็ดแมงลัก, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพมหานคร.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540, ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, พิมพ์ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Choo, C.L. and Aziz, N.A.A, 2009, Effects of Banana Flour and β-glucan on The Nutritional and Sensory Evaluation of Noodles, Food Science and Technology Division, School of Industrial Technology, University Science Malaysia, Penang, Malaysia.

Lia, M., Zhang, J., Zhu, K., Peng, W., Zhang, S., Wang, B., Zhu, Y. and Zhou, H., 2012, Effect of Superfine Green Tea Powder on The Thermodynamic, Rheological and Fresh Noodle Making Properties of Wheat Flour, Food Science and Technology, 46: 23-28.

ผลของข้าวเจ้าหอมมะลิที่มีต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบไส้ปลาน้ำพริกเผา

Effect of Jasmine Rice on Puff Quality of Glutinous Rice Crackers Filled with Chili Fish Paste

จิตติมณฑน์ วงศ์ษา[1] สมบูรณ์ศักดิ์ ศิลาเปรื่อง[1] รพีพร เอี่ยมสะอาด[1] และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1]

Wongsa, J.[1], Silapruang, S.[1], Aeimsard, R.[1] and Thumthanaruk, B.[1]

Abstract

The objective of this research was to study the effect of glutinous rice flour and broken glutinous rice on puffing of glutinous rice crackers. Three ratios of broken glutinous rice: jasmine rice (100:0, 95:5, 90:10) were also studied. The chili fish paste (65% minced Rohu fish, 25% chili paste and 10% wheat flour) was dried at 65°C for 2 hr. Crackers filled with chili fish paste were baked at 250°C for 3 min. Results showed that rice crackers made from broken glutinous rice gave a higher volume expansion capacity than those from glutinous rice flour. It was also found that the increased amount of jasmine rice resulted in the decrease of hardness, and volume expansion significantly ($p \leq 0.05$). In addition, the color values *L**, *a** and *b** were slightly different.

Keywords: chili fish paste, rice cracker, Rohu fish, jasmine rice

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบแป้งข้าวเหนียวและข้าวเหนียวหักที่มีผลต่อการพองตัว และแปรอัตราส่วน 3 ส่วนของข้าวเหนียวหัก: ข้าวเจ้าหอมมะลิ เป็น 100:0, 95:5 และ 90:10 โดยน้ำหนัก ส่วนของไส้ปลาน้ำพริกเผาคัดเลือกจากผลคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ประกอบด้วยเนื้อปลายี่สกบดร้อยละ 65 น้ำพริกเผาร้อยละ 25 และแป้งสาลีร้อยละ 10 อบแห้งที่อุณหภูมิ 65°C นาน 2 ชั่วโมง นำแป้งข้าวที่ใส่ไส้ปลาน้ำพริกเผาอบที่ 250°C เป็นเวลานาน 3 นาที ผลการทดลองพบว่าแครกเกอร์ข้าวเหนียวผลิตจากข้าวเหนียวหักให้การพองตัวดีกว่าแครกเกอร์ที่ผลิตจากแป้งข้าวเหนียว เมื่อแปรปริมาณข้าวเหนียวหักและข้าวเจ้าหอมมะลิ พบว่าการเพิ่มปริมาณข้าวเจ้าหอมมะลิสูงขึ้น ทำให้ค่าการขยายตัวในเชิงปริมาตรหรือการพองกรอบและความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวเหนียวไส้ปลาน้ำพริกเผาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ค่าสี *L**, *a** และ *b** มีความแตกต่างกันเล็กน้อย

คำสำคัญ: ข้าวอบกรอบ น้ำพริกเผา ปลายี่สก ข้าวเจ้าหอมมะลิ

คำนำ

การบริโภคขนมขบเคี้ยวเป็นที่นิยมมากขึ้น และมีผลิตภัณฑ์ให้เลือกบริโภคอย่างหลากหลาย แต่ขนมขบเคี้ยวส่วนใหญ่มักจะมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ เนื่องจากประกอบด้วยแป้งเป็นหลักและผสมเครื่องปรุงรสที่มีรสหวานและรสเค็มจัด และส่วนใหญ่ผ่านกระบวนการทอดกรอบด้วยน้ำมันจึงอาจก่อให้เกิดโรคต่างๆ ตามมาเช่น โรคอ้วน และโรคฟันผุ เป็นต้น ตัวอย่างขนมอบกรอบที่มีข้าวเป็นวัตถุดิบหลัก เช่น อาราเร่ (Arare) แครกเกอร์ที่ทำจากข้าวเหนียว และทำให้พองตัวด้วยความร้อน (งามชื่น, 2546) ซึ่งเป็นสินค้าแปรรูปข้าวของไทยที่สำคัญ ในปี พ.ศ. 2552 ประเทศญี่ปุ่นนำเข้าผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่มีข้าวเป็นวัตถุดิบจากประเทศไทยมูลค่า 8.948 ล้านเหรียญสหรัฐ (กรมส่งเสริมการส่งออก, 2553) รวมถึงขนมขบเคี้ยวที่มีข้าวเป็นวัตถุดิบและผลิตจากอุตสาหกรรมระดับชุมชนเช่น ข้าวเกรียบว่าว ข้าวแต๋น และข้าวตัง เป็นต้น ซึ่งกระบวนการผลิตขนมอบกรอบจากข้าวเป็นการนำแป้งข้าวมาทำให้เกิดการเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้ง ทำการนวดแป้งและขึ้นรูป จากนั้นให้ความร้อนภายใต้อุณหภูมิสูงจนทำให้เกิดการพองตัวเป็นขนมอบกรอบแบบต่างๆ รูปร่างและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับชนิด ประเภทและพันธุ์ข้าว อุณหภูมิการผลิต วิธีการนวดแป้ง ความชื้นของแป้ง การดูดซึมน้ำและความร้อนที่ใช้ในการนึ่งแป้ง เป็นต้น (Luh, 1991; Noomhorm และคณะ, 1997)

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environment Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Piboonsongkram Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok, 10800

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการพองตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบเมื่อใช้แป้งข้าวเหนียวและข้าวเหนียวหัก ศึกษาปริมาณข้าวเหนียวหักและข้าวเจ้าหอมมะลิต่อการพองตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบไส้ปลาน้ำพริกเผา การให้ปริมาณโปรตีน คุณประโยชน์ของสมุนไพรและสมบัติต้านอนุมูลอิสระ โดยมุ่งเน้นเป็นอาหารว่างและขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพซึ่งสามารถบริโภคได้ทุกเพศทุกวัย

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการเตรียมข้าวอบกรอบไส้ปลาน้ำพริกเผา โดยแช่ข้าวในน้ำสะอาด 6 ชั่วโมง นำมานึ่งให้สุกบนลังถึงด้วยไอน้ำร้อน 30 นาที นำข้าวมาบดและนวดเป็นแผ่นบางโดยการรีดด้วยลูกกลิ้ง ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการนำแผ่นข้าวที่รีดให้เป็นแผ่นบางมาเทไส้และประกบด้วยแผ่นข้าวอีกชั้น จากนั้นใช้แม่พิมพ์วงกลมกดปั๊มขึ้นรูป นำผลิตภัณฑ์ไปผึ่งลมโดยให้เหลือความชื้นประมาณร้อยละ 25 นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 นาที ในส่วนข้าวศึกษาการใช้วัตถุดิบแป้งข้าวเหนียว (100%) โดยนำมาผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:1.25 แล้วนึ่งให้สุกบนลังถึงด้วยไอน้ำร้อน 30 นาที และวัตถุดิบข้าวเหนียวหัก (100%) จากโรงสีข้าวชุมชน ตำบลเนินหอม อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี หลังการผลิตและอบตามขั้นตอนข้างต้นนำมาตรวจสอบปริมาตรการพองตัว จากนั้นศึกษาอัตราส่วนปริมาณข้าวเหนียวหักผสมกับข้าวเจ้าหอมมะลิ ดังนี้ 100:0, 95:5 และ 90:10 โดยน้ำหนัก สำหรับการพัฒนาสูตรส่วนไส้ปลาน้ำพริกเผา มีส่วนประกอบเนื้อปลายี่สก ร้อยละ 50-70 น้ำพริกเผาซึ่งประกอบด้วย พริกเผา กระเทียม หอมแดง และมะขามเปียก เกลือ น้ำตาล ร้อยละ 15-25 และแป้งสาลีร้อยละ 10-20 โดยวางแผนการทดลองแบบส่วนผสม (Mixture Design) ได้ทั้งหมด 6 สูตร (Table 1) นำส่วนผสมของไส้ผสมรวมกัน เทเกลี่ยให้ทั่วถาดแล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นบดให้เป็นผง

Table 1 Formula of glutinous rice cracker filled with chili fish paste

Compositions	Quantity (%)					
	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4	Formula 5	Formula 6
Minced Rohu fish	65	65	55	70	70	65
Chili fish paste	25	20	25	20	15	15
Wheat flour	10	15	20	10	15	20

ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ด้านปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า ด้วยวิธี AOAC (2000) และวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสีในระบบ CIE *L* a* b** ด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Associates Laboratory, Inc., USA) วัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Texture analyzer (TA.XT2) ใช้หัววัดทรงกระบอก (P/50) ดัดแปลงจากวิธีของ Keeratipibul และคณะ (2008) และวัดการขยายตัวในเชิงปริมาตร และตรวจสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9–Point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 15.0

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การพองตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบพบว่า ข้าวอบกรอบที่ใช้ข้าวเหนียวหักให้การพองตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 31.51 มากกว่าการใช้แป้งข้าวเหนียว (ร้อยละ 8.63) (Table 2) ซึ่งในระหว่างการอบแห้งข้าวอบกรอบที่ใช้แป้งข้าวเหนียวจะเกิดการพองตัวอย่างรวดเร็วและเกิดการยุบตัวลง เมื่อแปรปริมาณข้าวเหนียวหักและข้าวเจ้าหอมมะลิทั้งสามอัตราส่วน (100:0, 95:5 และ 90:10) โดยน้ำหนัก พบว่าการใช้ข้าวเจ้าหอมมะลิมีผลทำให้การพองตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการผสมข้าวเจ้าหอมมะลิมีผลทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น โดยโปรตีนขัดขวางการเกิดเจลาทิไนซ์ของสตาร์ชและทำให้ได้เจลที่มีความหนืดต่ำ (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546) และหากใช้ปริมาณข้าวเจ้าหอมมะลิสูงกว่าร้อยละ 10 ทำให้การเกาะตัวของแป้งน้อยลง ทำให้ยากต่อการขึ้นรูป การพัฒนาสูตรของส่วนไส้ปลาน้ำพริกเผาที่เหมาะสมได้รับการยอมรับด้านสี รสชาติ กลิ่นน้ำพริก และความชอบโดยรวมสูงที่สุดประกอบด้วยส่วนผสมคือ เนื้อปลายี่สกร้อยละ 65 น้ำพริกเผาซึ่งประกอบด้วย พริกเผา กระเทียม หอมแดง และมะขามเปียก เกลือ น้ำตาลร้อยละ 25 และแป้งสาลีร้อยละ 10 โดยหากมีปริมาณเนื้อปลายี่สกเกินร้อยละ 65 จะให้กลิ่นคาวของปลามากเกินไปและปริมาณน้ำพริกเผาน้อยกว่าร้อยละ 20 ทำให้มีสีซีดไม่สวยงาม

Table 2 % Volume expansion of glutinous rice crackers obtained from glutinous flour and broken glutinous rice

Type of rice crackers	Volume (mm^3)		% Increase
	Before heating	After heating	
From sticky rice flour	2723.76±24.36	2958.91±54.44	8.63±2.00
From broken glutinous rice	2723.76±24.56	3582.12±36.75	31.51±1.35

การวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ (Table 3) พบว่าทั้ง 3 สูตรมีค่าสี *L**, *a** และ *b** ใกล้เคียงกัน โดยผลิตภัณฑ์หลังอบมีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์ก่อนอบ (*L** = 43.09 และ *b** = 7.17) ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบไส้ปลาน้ำพริกเผาสูตรที่ 1 มีค่าสูงมากที่สุด และมีการขยายตัวในเชิงปริมาตรมากกว่าสูตรที่ 2 และ 3 โดย คำรบ (2546) รายงานว่าปริมาณโปรตีนมีผลต่อการขยายตัวในเชิงปริมาตรของแครกเกอร์ เมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้การพองตัวของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับผลการทดลองของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร

Table 3 Physical properties of glutinous rice crackers filled with chili fish paste

Glutinous rice : Jasmine rice (%)	*L**	*a**	*b**	Hardness (g)	Volume Expansion (%)
Formula 1 (100:0)	58.70±0.21	1.36±0.18	27.02±0.42	9183.72±33.10 [a]	31.51±1.28 [a]
Formula 2 (95:5)	58.42±0.16	1.28±0.46	29.74±0.31	8824.11±45.58 [a]	21.76±1.12 [b]
Formula 3 (90:10)	59.77±0.24	1.33±0.20	29.12±0.48	7855.31±60.16 [b]	18.63±2.44 [b]

Means in the same column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์คุณภาพด้านองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบไส้ปลาน้ำพริกเผาทั้ง 3 สูตร พบว่าความชื้นก่อนอบและหลังอบมีค่าใกล้เคียงกันในทุกตัวอย่าง ปริมาณโปรตีนของสูตรที่ 1 ให้ค่าโปรตีนต่ำที่สุด ส่วนสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าใกล้เคียงกัน ปริมาณเถ้าและไขมันของสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุด ส่วนสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าลดลงตามลำดับ (Table 4)

Table 4 Chemical compositions of glutinous rice crackers filled with chili fish paste

Glutinous rice : Jasmine rice (%)	Moisture (%)		Protein (%)	Ash (%)	Fat (%)
	Before	After			
Formula 1 (100:0)	25.10[a]±0.04	14.13[a]±0.10	9.75[a]	1.15 [a]	1.33 [a]
Formula 2 (95:5)	25.76[b]±0.23	14.26[a]±0.12	10.89[b]	0.67 [b]	1.30 [a]
Formula 3 (90:10)	25.98[b]±0.13	14.35[a]±0.20	11.90[b]	0.50 [b]	1.16 [b]

Means in the same column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

ปริมาณข้าวเจ้าหอมมะลิที่ผสมในสูตรไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และรสชาติ ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบด้านความกรอบ ความแข็ง และความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรที่ 2 และ 3 ซึ่งผสมข้าวเจ้าหอมมะลิ (Table 5)

Table 5 Sensory evaluation of glutinous rice crackers filled with chili fish paste

Glutinous rice : Jasmine rice (%)	Hedonic sensory score					
	Color[ns]	Taste[ns]	Crispiness	Flavor[ns]	Hardness	Overall acceptance
Formula 1 (100:0)	7.64	7.04	6.64 [a]	6.44	6.60 [a]	7.50 [a]
Formula 2 (95:5)	7.56	6.84	6.12 [b]	6.36	6.20 [b]	6.42 [b]
Formula 3 (90:10)	7.56	6.88	6.28 [b]	6.32	6.36 [b]	6.52 [b]

Means in the same column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

สรุปผล

การผสมข้าวเจ้าหอมมะลิลงในสูตรของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบไส้ปลาน้ำพริกเผา มีผลทำให้การพองตัวและความแข็งของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และรสชาติ คุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบไส้ปลาน้ำพริกเผาสูตรที่ 1 ที่มีข้าวเหนียวร้อยละ 100 มีคะแนนความชอบด้านความกรอบ ความแข็ง และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 14.13 โปรตีนร้อยละ 9.75 ไขมันร้อยละ 1.33 และเถ้าร้อยละ 1.15 ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความแข็งและกรอบ มีค่าความแข็งเท่ากับ 9183.72±33.10 กรัม มีค่า a_w เท่ากับ 0.257

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการส่งออก. 2553. ตลาดขนมกรอบจากแป้งข้าว [สืบค้น], http://www.depthai.go.th/DEP/DOC/53/53002586.pdf [27 มีนาคม 2556].

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 303 หน้า.

คำรบ สมะวรรธนะ, 2546, ผลของเจลาติไนเซชั่นและรีโทรกราเดชั่นต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวจากข้าว, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 85 หน้า.

งามชื่น คงเสรี, 2546, ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, 167 หน้า.

AOAC, 2000, Official methods of analysis (17th ed.), Association of Analytical Chemists, Arlington.

Keeratipibul, S., Luangsakul, N. and Lertsatchayarn, T., 2008, The Effect of Thai Glutinous Rice Cultivars, Grain Length and Cultivating Location on the Quality of Rice Cracker (Arare), LWT-Food Science and Technology, 41(10): 1934-1943

Luh, B.S., 1991, Rice, V.2 Utilization, Second Edition, Van Nostrand Reinhold, New York, 413 p.

Noomhorm, A., Kongseree, N. and Apintanapong, M., 1997, Effect of Aging on the Quality of Glutinous Rice Crackers, Cereal Chemistry, 74(1): 12-15.

การจัดการสวนส้มโออย่างยั่งยืนจากหลักฐานเชิงประจักษ์ของครูภูมิปัญญาไทย นายสมทรง แสงตะวัน

Managing Sustainable Pomelo Orchards Based on Empirical Evidences of Thai local Intellect, Mr. Somsong Sangtawan

สาวิตรี รังสิภัทร์[1]

Rangsipaht, S.[1]

Abstract

The objectives of this study were: 1) to indicate the empirical evidences of managing sustainable pomelo orchards and 2) to identify its underlying success. A key person is Mr. Somsong Sangtawan, Thai local intellect batch 2 in agriculture awarded by Ministry of Education in the year 2002. This qualitative research employed triangular techniques to validate information. Findings were: 1) empirical evidences to manage sustainable pomelo orchards included 1.1) using spiders (order Araneae) as predators to kill insects that destroyed pomelo trees, 1.2) using composts, animal manure and bio-fertilizers for chemical fertilizer substitution, 1.3) using herbs to repel insects, 1.4) growing leguminous tree such as coral trees (*Erythrina fusca Lour.*) as sources of nitrogen for pomelo trees and 1.5) using "byproduct of salt" to increase the good taste of pomelo fruits. 2) The underlying success of pomelo orchards management were: 2.1) having adequate water for fruit trees, 2.2) knowing how to stimulate pomelo trees to bloom more than once a year and 2.3) applying the Sufficiency Economy Philosophy as the way of living.

Keywords: sustainable agriculture, local intellect, pomelo, in-depth interview

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษา 1) หลักฐานเชิงประจักษ์ของการจัดการสวนส้มโออย่างยั่งยืน และ 2) รากฐานความสำเร็จของการจัดการสวนส้มโออย่างยั่งยืน บุคคลสำคัญที่ให้ข้อมูลคือนายสมทรง แสงตะวัน ครูภูมิปัญญาไทยรุ่น 2 ด้านเกษตรกรรม ที่ได้รับการยกย่องจากกระทรวงศึกษาธิการในปี พ.ศ.2545 การวิจัยเชิงคุณภาพเรื่องนี้ใช้ Triangular techniques ในการตรวจสอบข้อมูล ผลงานวิจัยพบว่า 1) หลักฐานเชิงประจักษ์ของการจัดการสวนส้มโออย่างยั่งยืนประกอบด้วย 1.1) การใช้แมงมุมเป็นตัวห้ำกินแมลงที่ทำลายต้นส้มโอ 1.2) การใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และน้ำหมักชีวภาพแทนการใช้ปุ๋ยเคมี 1.3) การใช้สมุนไพรไล่แมลง 1.4) การปลูกพืชตระกูลถั่ว เช่น ต้นทองหลาง เพื่อเพิ่มธาตุอาหารไนโตรเจนให้ต้นส้มโอ และ 1.5) การใช้ขี้แดดนาเกลือเพื่อปรับปรุงรสชาติของส้มโอ 2) รากฐานความสำเร็จของการจัดการสวนส้มโออย่างยั่งยืน ประกอบด้วย 2.1) การมีน้ำเพียงพอสำหรับไม้ผล 2.2) การรู้วิธีกระตุ้นต้นส้มโอให้ออกดอกมากกว่าปีละหนึ่งครั้ง และ 3) การประยุกต์ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในการดำเนินชีวิต

คำสำคัญ: เกษตรยั่งยืน ภูมิปัญญาท้องถิ่น ส้มโอ การสัมภาษณ์เชิงลึก

Introduction

In recent years, production costs for farming have increased due to the high costs of chemical fertilizers and agro-chemical. The overuse of harmful chemicals in agriculture would endanger the health of producers, consumers and pollute the environment (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1999). At the same time, The health awareness among Thai people is increasing in relation to the high levels of pesticide and insecticide used by farmers and the possibility of toxic residues in food. The issues on the environmental conversation, reduction of production costs, physical fitness of producers and consumers are concerned among Thais (Rangsipaht *et al*., 2005). This study, therefore, performed the in – depth interviews with Mr. Somsong

[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Departmentt of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Road, Chatuchak District, Bangkok 10900

Sangtawan, a local intellect batch 2 in agriculture recognized by the Office of the Education Council, Ministry of Education in the year 2002. This 64-year-old man grows pomelo tree on 15 rai of farm land. In the year 1977 to 1984, he has continuously been using chemical substances and chemical fertilizers. At present, he realizes the problems emerging from the destruction of the environment as well as problems with his own health. The refrain from toxic substances and chemical fertilizers in his pomelo orchards has provided a good future for him and his group members. The objectives of this study, therefore, were: 1) to indicate the empirical evidences of managing sustainable pomelo orchards and 2) to identify the underlying success.

Materials and Methods

The triangular techniques were methods to validate the information derived from Mr. Somsong Sangtawan such as using documentary studies on managing sustainable pomelo orchards, field visits, observation, focus group discussion and in-depth interview. The coordination to participate in this study from Mr. Somsong is the key factor since he holds the implicit information which is important to understand the sustainability of pomelo orchard management. His commercial family pomelo orchards are located in Samut Songkhram province where he was born and resides. Two key questions of this research were as follows:
1) What are the empirical evidences of managing sustainable pomelo orchards? 2) What are the underlying factors of its success?

Results and Discussion

What are the empirical evidences of managing sustainable pomelo orchards?

1. Using spiders (order Araneae) as predators to kill insects that destroy the pomelo trees.

Mr. Somsong has 15 rai of land where he mainly grows pomelo trees and partially grows lychees trees as a minor crop. He has learned from Dr. Tewin Kulpiyawat and Dr. Wipada Vungsilabutr, researchers from Dept. of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, that his land is plentiful with spiders that are significant predators to kill pests of plants such as African red mite (2013) [*Eutetranychus africanus* (Tucker)] which destroy the pomelo leaves at the early stage. The use of pesticide even at the minimal amount will be harmful to spiders (2013). The refrain from using any pesticide, on the other hand, will be helpful to the conservation of these predators.

2. Using composts, animal manure, and biofertilizers in substitution of the chemical fertilizers

There are various sources of materials in the area to make composts, farmyard manure, and biofertilizers such as cow-dung, chicken-dung, small fishes and weeds. These will help reduce the expenses of the chemical fertilizers which cause the high production costs for farmers.

3. Using herbs to repel insects

The medicinal plants in the local areas are utilized to repel insects mainly. Mr. Somsong has mentioned that these herbs do not treat as an insecticide. Using herbs, on the contrary, helps balancing between knowledge gained from the local intellectual and the conservation of the environment (Sangtawan, 2008).

4. Grow leguminous trees such as coral trees (*Erythrina fusca Lour.*) as the sources of nitrogen for pomelo.

Mr. Somsong grows coral trees along the canal that carries water through the pomelo orchards. Their shade protects the young pomelo trees from the summer heat. Composts generated by the leaves and roots will also provide nitrogen to the plants (*Erythrina fusca Lour.*, 2013).

5. Using "byproduct of salt" to increase the good taste of pomelo fruits.

Mr. Somsong and his research team have received a national award on the utilization of the "byproduct of salt" for pomelo trees. According to the research study, the "byproduct of salt" contains plankton, potassium,

calcium, and magnesium that are useful to improve the quality of pomelo fruits. At the orchards, Mr. Somsong broadcasts it to the pomelo trees 50 days prior to the harvest (Sangtawan, 2013). This helps generate the taste of the fruits.

When comparing the empirical evidences of managing pomelo orchards practiced by Mr. Somsong with two selected best-practice farmers; namely, Dare to Sweat Farm, a commercial family farm, situated in Lop Buri province and Rai Plook Ruk, Thai organic farm, located in Ratchaburi province, it is found that their farm techniques are similar to what Mr. Somsong has practiced. These include: 1) using the green manure or ploughing in weeds to manage soil nutrients, 2) using the biological controls, lights, sounds and food chain system to manage insects for insecticide substitution, and 3) continuous producing the environmental friendly organic products. These farm techniques, however, require farmers to think beyond the conventional agriculture and practice with true knowledge (Seeniang and Thaipakdee, 2013).

The underlying success of managing sustainable pomelo orchards

1. Having adequate water for fruit trees.

Water is the major factor for agriculture. Mae Klong River running through Bang Khon Thi district is unpolluted due to the awareness and willingness of local residents to preserve the water. The Mae Klong River also receives a high and low tide twice a day since it is close to the Gulf of Thailand. Local residents can access and wisely use this natural phenomenon for their farms. Pomelo trees will be fruitful if they have enough water particularly during the fruit bearing periods.

2. Knowing how to stimulate pomelo trees to bloom more than once a year.

The nature of pomelo trees is to blossom in April and to carry fruit for 8 months. Mr. Somsong finds ways to successfully imitate nature by “teasing pomelo trees” and stimulating them to bloom more than once a year. By this method, he will earn extra income throughout the year.

3. Applying the sufficiency economy in agriculture.

Mr. Somsong has discovered among other things the reduction of costs by growing leguminous trees and the use of medicinal plants. He has learned from his father how to make a living without destroying nature. He also realizes how to give and live happily among his neighborhood. This dignifies the well balance in his life and his community. Thirty-five years of being an agriculturist has changed his life from rags to riches, from living under a shelter to being an owner of 4 home stay houses. This has proved that an agriculturist can become rich by considering the middle path in farm practices which relies on himself not on the others. To be reasonable in decision making also helps Mr. Somsong to reduce the production costs. This is so called self-immunity, which has been guided by local and global wisdom and the consciousness in the morality. The success of managing sustainable pomelo orchards can be carried on as long as a community lives in harmony and applies the concepts of sufficiency economy in their lives.

Summary

The empirical evidences to manage the sustainable pomelo orchards conducted by Mr. Somsong Sangtawan were to use spiders (order Araneae) as predators to kill insects which destroy pomelo trees, to substitute chemical fertilizers by using composts, animal manure and biofertilizers, to repel insects by using medicinal plants, to grow coral trees as sources of nitrogen for pomelo trees, and to increase good taste of pomelo fruits by using byproduct of salt. The underlying success was to have adequate water for fruit trees, to discover how to stimulate pomelo trees to bear fruits more than once a year and to apply the Sufficiency Economy Philosophy in his life.

Recommendations

The sharing of knowledge among pomelo growers, researchers and consumers should be expanded to manage sustainable pomelo orchards successfully. Also, techniques to reduce costs of production and increase the capacity of pomelo growers towards the environmental conservation should be advocated. The life long learning center at a local intellect's residence should be supported.

Acknowledgement

This research article was given valuable suggestions by Assoc. Prof. Dr. Wanchai Chanprasert.

Literature cited

African red mite, 2013, *Eutetranychus africanus* (Tucker) [Online], Available: Thailand. ipm-info.org/pests/African_red_mite.htm (July 8, 2013).

Erythrina fusca Lour., 2013, *Erythrina fusca Lour*. [Online], Available: en. wikipedia.org/wiki/Erythrina-fusca (July 8, 2013).

Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1999, the Vegetable Sector in Thailand: A Review, Regional Office for Asia and the Pacific, Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations, 50 p.

Rangsipaht, S., Pornpratansombat, P., Parnuwad, K. and Saengchan, N., 2005, Agriculturist Handbook: Mr. Sommai Nu-dang and Organic Agriculture for Sustainable Development, Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 19 p.

Sangtawan, S., 2008, Teacher of Thai Folk Wisdom in Agriculture, Interview, June 14, 2008.

Sangtawan, S., 2013, Teacher of Thai Folk Wisdom in Agriculture, Interview, July 6, 2013.

Seeniang, P. and Thaipakdee, S., 2013, Key Success Factors and Constraints of Organic Vegetable Production Systems in Thailand: Lessons Learned from Selected Cases of Best Practices, Kasetsart Journal (Social Science), 34(1): 162-170.

Spider, 2008, Spider from Wikipedia, the Free Encyclopedia. [Online], Available: en. wikipedia.org /wiki/Spider (July 8, 2013).

อิทธิพลของระยะเวลาสุกต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่
Influence of Fruit Ripening Stages on the Bioactive Compounds of *Carissa carandas*

วชิราภรณ์ ผิวล่อง[1] สุรศักดิ์ สัจจบุตร[1] ศิริลักษณ์ สิงห์เพชร[1]และ จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ[1]
Pewlong, W.[1], Sajjabut, S.[1], Singphet, S.[1] and Eamsiri, J[1]

Abstract

The objective of this research was to investigate the influence of ripening stages on bioactive compounds of *Carissa carandas* fruit. Three stages of fruit ripening were examined: unripened, half-ripened and fully-ripened. The antioxidant activity was determined by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) assay, and the reducing activity was tested by the ferric reducing assay (FRAP). Total phenolics were determined using Folin-ciocateau reagent assay. Total anthocyanins were analyzed by the pH differential method, and were expressed in terms of cyanidin-3-glucoside. The levels of vitamin C and anthocyanin content were measured by HPLC. The results showed that ripened fruits gave the highest antioxidant activity, total phenolics and total anthocyanins. The antioxidant activities of unripened, half-ripened and fully-ripened fruits were found to be 0.85±0.03, 1.96±0.24 and 2.42±0.41 mg AAE/g, respectively. Total phenolics were 1.25±0.16, 3.60±0.72 and 4.67±0.41 mg GAE/g and total anthocyanins were 0.33±0.04, 2.55±0.15 and 54.80±6.07 mg/L, respectively. These results indicated that the amounts of total phenolics and total anthocyanins could be correlated with their DPPH radial scavenging activity for all ripening stages, whereas the unripened fruits exhibited the highest content of vitamin c than other stages, which was 300.75±57.65 mg/100 g

Keywords: *Carissa carandas*, ripening stage, bioactive compounds

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ใน 3 ระยะ คือ ดิบ กึ่งสุก และสุก ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH assay และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ด้วยวิธี FRAP ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-ciocateau reagent assay ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยวิธี pH differential ปริมาณของวิตามินซีและแอนโธไซยานินวิเคราะห์ด้วย HPLC พบว่าผลสุกให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมดและปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดสูงที่สุด โดยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลดิบ ผลกึ่งสุก และผลสุก มีค่าเท่ากับ 0.85±0.03, 1.96±0.24 และ 2.42±0.41 mg AAE/g ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมด คือ 1.25±0.16, 3.60±0.72 และ 4.67±0.41 mg GAE/g และปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 0.33±0.04, 2.55±0.15และ 54.80±6.07 mg/L จากผลการทดลองเห็นได้ว่า ปริมาณสารฟีโนลิกทั้งหมดและปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในทุกระยะการสุก ในขณะที่ผลดิบมีปริมาณของวิตามินซีสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระยะอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 300.75±57.65 mg/100 g

คำสำคัญ: มะม่วงหาวมะนาวโห่ ระยะการสุก สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

คำนำ

มะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas*) มีชื่อสามัญคือ Karanda, Carunda และ Christ's thorn หรือชื่อพื้นเมืองอื่น ๆ เช่น มะนาวไม่รู้โห่ หนามแดง และหนามขี้แฮด มะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นผลไม้โบราณพื้นเมืองชนิดหนึ่งที่สามารถเก็บเกี่ยวผลได้ตลอดทั้งปี แต่จะมีมากในช่วงประมาณเดือนพฤษภาคม–กรกฎาคม เป็นไม้พุ่มสูงประมาณ 2-3 เมตร เปลือกลำต้นมีสีน้ำตาลเข้ม ลำต้นเป็นหนามแหลม มียางสีขาว ใบเป็นใบเดี่ยว ใบรูปรีเกือบกลม ปลายใบเว้าเล็กน้อย โคนใบมนเว้าเข้าหาก้านใบ หลังใบและท้องใบเรียบ ใบอ่อนมีสีแดง ก้านใบสั้น ดอกออกเป็นช่อออกตามซอกใบใกล้ปลายยอด ผลเป็นรูปทรงกลมรีผิวเรียบ ผลอ่อนสีขาว ผลแก่เป็นสีชมพูจนเป็นสีแดงเข้มจนเกือบดำ เมล็ดแบน มี 6 เมล็ด (Maheshwari และคณะ, 2012) จาก

[1] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120
[1] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public organization) 9/9 TumbonSaimoonAmphurOngkarakNakonNayok Province 26120

การศึกษาเบื้องต้นพบว่าสารสกัดของมะม่วงหาวมะนาวโห่โดยใช้อะซิโตนมีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Escherichia coli, Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Aspergillus niger* และ *Candida albicans* (Agarwal และคณะ, 2012) สารต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีอยู่ในผัก ผลไม้และสมุนไพรสามารถหยุดยั้งอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ รวมทั้งโรคอัลไซเมอร์ (Sharma และคณะ, 2007; Bhaskar และ Balakrishnan, 2009) ดังนั้นการศึกษาฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์และสารต้านอนุมูลอิสระในผัก ผลไม้และสมุนไพรจึงได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน เช่นเดียวกับมะม่วงหาวมะนาวโห่ซึ่งมีการกล่าวอ้างสรรพคุณต่างๆ ตามภูมิปัญญาชาวบ้านที่ได้รับการถ่ายทอดมาเป็นเวลานาน โดยนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านเป็นยาและอาหาร รวมทั้งยังเป็นพืชทนแล้งและทนต่อมลพิษจากสิ่งแวดล้อม จึงควรมีการเผยแพร่สรรพคุณและส่งเสริมให้มีการปลูกและนำไปใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น อย่างไรก็ตามรายงานผลการศึกษาหรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนการกล่าวอ้างดังกล่าวยังไม่เพียงพอ และต้องอาศัยข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยหลักที่ช่วยสนับสนุนและผลักดันให้บรรลุผลดังกล่าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของระยะการสุกของมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างผลมะม่วงหาวมะนาวโห่นำมาจากสวนใน ต.บางนกแขวก อ.บางคนที จ.สมุทรสงคราม โดยตัวอย่างผลแบ่งตามระยะการสุกเป็น 3 ระยะ คือ ดิบ (unripened) กึ่งสุก (half-ripened) และสุก (fully-ripened) หลังจากนั้นนำผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ทั้ง 3 ระยะมาสกัดด้วย 40% ethanol โดยใช้ปริมาณตัวอย่างต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:10 ระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังนั้นนำมากรองแล้วทำการทดสอบฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ (radical scavenging activity) ด้วยวิธีการ DPPH radical scavenging activity assay (Brand-Williams และคณะ, 1995) ทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (ferric ion reducing antioxidant power assay , FRAP) (Langley-Evans, 2000) ทดสอบปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics) ทดสอบปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด (total anthocyanins) ด้วยวิธีการ pH differential (Wrolstad และคณะ, 2001) และวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโธไซยานินด้วย HPLC ซึ่งใช้สภาวะในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- column: C18 Phenomenex 100°A (250 x 4.6 mm)
- flow rate: 1.0 ml/min
- column oven: 40°C
- mobile phase: gradient - standard substance: cyanidin -3-0-glucoside

Time	pump A 100% acetonitrile	pump B 10% acetic acid + 1%phosphoric acid
0-25 min	20	80
30 min	40	60
35 min	2	98

- UV detector: 520 nm.

ทำการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีด้วย HPLC โดยมีสภาวะการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- column: C18 Phenomene x 100°A (250 x 4.6 mm)
- flow rate: 1.0 ml/min
- mobile phase: 50mM KM_2PO_4 (pH 3): methanol โดยใช้อัตราส่วน 97:3
- UV detector: 205 nm
- standard substance: L-ascorbic acid

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาระยะการสุกต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่าผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่ในระยะสุกมีปริมาณ total phenolics, total anthocyanins และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด รองลงมาคือ ระยะกึ่งสุก ส่วนระยะดิบมีปริมาณน้อย

ที่สุด ซึ่งผลสุกนั้นมีปริมาณ total phenolics, total anthocyanins, ค่า DPPH assay และค่า FRAP มากกว่าผลดิบ 3.7, 2.8, 1.5 และ 166 เท่า ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ศิริธร และ นเรศ (2552) ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลไม้บางชนิด พบว่ากล้วยสุกมีปริมาณ total phenolics มากกว่ากล้วยดิบรวมทั้งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay และ FRAP ที่ในผลสุกมีมากกว่าผลดิบ ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการแบ่งระยะการสุกโดยการใช้สีของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นเกณฑ์ โดยระยะดิบเป็นสีขาวอมเขียว ระยะกึ่งสุกสีขาวอมชมพู และระยะสุกเป็นสีชมพูเข้มถึงม่วง และในการวิจัยพบปริมาณแอนโธไซยานินที่เพิ่มขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะการสุกของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีความสุกมากขึ้น โดยแอนโธไซยานินนั้นเป็นรงควัตถุในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่ทำให้เกิดสีแดง

Table 1 Effect of fruit ripening stages on total phenolics, radical scavenging activity (DPPH assay), ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) and total anthocyanins.

Fruit ripening stages	Total phenolics (mg GAE/g)	DPPH assay (mg AAE/g)	FRAP (μmol/g)	Total anthocyanins[1] (mg/L)
Unripened	1.25±0.16[a]	0.85±0.03[a]	25.94±1.90[a]	0.33±0.04[a]
Half-ripened	3.60±0.72[b]	1.96±0.24[b]	35.46±1.06[b]	2.55±0.15[a]
Fully-ripened	4.67±0.59[c]	2.42±0.21[c]	37.81±1.07[c]	54.80±6.07[b]

Values are expressed as mean ± SD of triplicates measurement.

Different letters in the same column indicate significant differences at $p<0.05$.

GAE = gallic acid equivalent

AAE = ascorbic acid equivalent

[1]expressed as cyanidin-3-glucoside

Table 2 Effect of fruit ripening stages on anthocyanin content and vitamin c content.

fruit ripening stage	anthocyanin content (mg/100g)	vitamin c (mg/100g)
unripened	nd	300.75±57.65[b]
half-ripened	4.71	307.20±26.75[b]
fully-ripened	79.70	180.40±43.09[a]

Values are expressed as mean ± SD of triplicates measurement.

Different letters in the same column indicate significant differences at $p<0.05$.

จากผลการวิเคราะห์ด้วย HPLC (Table 2) พบว่า anthocyanin content ในผลมะม่วงมะนาวโห่สุกมีปริมาณสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับสีของผลที่มีความเป็นสีแดงที่มากขึ้น ส่วนในผลดิบนั้นไม่สามารถตรวจสอบได้ ส่วนปริมาณวิตามินซีพบในผลดิบมากกว่าในผลสุกเกือบ 2 เท่า การลดลงของวิตามินซีนั้นอาจเกิดจากการถูกนำไปใช้เป็นสารประกอบการหายใจ และการนำไปเป็นโครงสร้างคาร์บอนของการสังเคราะห์สารชนิดใหม่ในระหว่างการสุก (สังคม, 2536)

สรุปผล

มะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นผลไม้พื้นเมืองที่มีสารออกฤทธิ์ชีวภาพอยู่ในปริมาณมาก โดยผลสุกของมะม่วงหาวมะนาวโห่มีปริมาณ total phenolics, total anthocyanins, anthocyanin content และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากกว่าผลกึ่งสุกและผลดิบ ส่วนในผลดิบนั้นมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด ดังนั้นการนำผลมะม่วงหาวมะน่าวโห่ไปใช้ประโยชน์ในแง่ของการบำรุงร่างกายหรือบรรเทาโรค ระยะการสุกของผลจึงน่ามีผลต่อการนำไปใช้เนื่องจากมีค่าปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ต่างกันในแต่ละระยะของการสุก

เอกสารอ้างอิง

ศิริธร ศิริอมรพรรณ และนเรศ มีโส, 2552, การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในมะม่วง กล้วย และมะละกอ, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สังคม เตชะวงค์เสถียร, 2536, การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน, ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 157 หน้า.

Agarwal, T., Singh, R., Shukla, A.D. and Waris, I., 2012, In Vitro Study of Antibacterial Activity of *Carissa Carandas* leaf Extracts, Asian Journal of Plant Science and Research, 2(1): 36-40.

Bhaskar V.H. and Balakrishnan N., 2009, Analgesic, Anti-Inflammatory and Antipyretic Activities of Pergularia daemia and Carissa carandas, DARU Journal of Pharmaceutical Sciences, 17(3): 168-174.

Brand-Williams,W., Cuvelier,M.E. and Berset,C., 1995, Used of Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, Lebensmittel-Wissenschaft und-technology, 28: 25-30.

Langley-Evans,S.C, 2000, Antioxidant Potential of Green and Black Tea Determined using the Ferric Reducing Power (FRAP) assay, International Journal of Food Science Nutrition, 51(3): 181-188.

Maheshwari, R., Sharma, A. and Verma, D., 2012, Phyto-therapeutic Significance of Karaunda, Bulletin of Environment Pharmacology and Life Sciences, 1(12): 34- 36.

Sharma, A., Reddy, G.D., Kaushik, A., Shanker , K., Tiwari, R.K., Mukherjee, A. and Rao, C.V., 2007, Analgesic and Anti-inflammatory Activity of *Carissa carandas* L. Fruits and Microstylis wallichii Lindl Tubers, Natural Product Sciences, 13(1): 6-10.

Wrolstad, E.R., Dust,W.R. and Lee,J., 2005, Tracking Color and Pigment Changes in Anthocyanin Products, Trends in Food Science and Technology, 16: 423-428.

การประยุกต์ใช้ไขรำข้าวในการเคลือบผิวส้มเขียวหวาน

Application of Rice Bran Wax for Coating of Orange

วาริช ศรีละออง[1,3] ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,3] และ กรณ์กนก อายุสุข[2]

Srilaong, V.[1,3], Pongprasert, N.[1,3] and Aryusuk, K.[2]

Abstract

The demand of wax coating for oranges in Thailand is about 500-700 tons/year, which costs 60-84 million baht/year. Thus, the objective of this research was to apply a natural coating material composed of a rice bran wax which was purified from the waste of rice bran oil processing to coat oranges. The formulation of the coating solution contained 0.1% purified rice bran wax and other compounds (oleic acid, ethanol and water). Non-coated fruit served as a control. The result found that the orange coated with the solution containing rice bran wax reduced water loss compared with the control. However, there was no significant difference in the peel colour between coated and non-coated fruit. In addition, the internal qualities, such as soluble solids, titratable acidity and ascorbic acid contents, were also not significantly different. The internal oxygen content in coated fruit was lower, while the internal carbon dioxide content was higher compared with the control. This indicated the generation of the modified atmosphere condition inside the fruit which affected the reduction of water loss and delayed fruit wilting.

Keywords: rice bran wax, coating material, orange, quality

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการสารเคลือบผิวสำหรับส้มถึง 500-700 ตันต่อปี ซึ่งส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยมีมูลค่าการนำเข้าสูงถึง 60-84 ล้านบาทต่อปี ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการประยุกต์ใช้สารเคลือบผิวจากธรรมชาติที่ได้จากไขรำข้าวซึ่งผลิตจากของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันรำข้าวสำหรับเคลือบผิวส้ม โดยสูตรของสารเคลือบผิวที่ใช้ประกอบด้วยไขรำข้าวบริสุทธิ์ร้อยละ 0.1 และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น กรดโอเลอิก เอทานอล และน้ำ สำหรับส้มที่ไม่เคลือบผิวเป็นชุดควบคุม พบว่าการเคลือบผิวส้มด้วยสูตรผสมไขรำข้าวสามารถชะลอการสูญเสียน้ำได้ดีกว่าส้มที่ไม่เคลือบผิว แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกระหว่างส้มที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิวไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายในประกอบด้วยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรด และปริมาณวิตามินซีในส้มที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิวไม่มีความแตกต่างกันเช่นกัน เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซภายในผลส้มพบว่าส้มที่เคลือบผิวมีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่าส้มที่ไม่เคลือบผิว ซึ่งคล้องกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลที่มากกว่าส้มที่ไม่เคลือบผิว ซึ่งเป็นการสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในผล ทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักน้อย จึงชะลอการเหี่ยวของผลส้ม

คำสำคัญ: ไขรำข้าว สารเคลือบผิว ส้ม คุณภาพ

คำนำ

ในปัจจุบันนี้พบว่าผลไม้ที่จำหน่ายตามท้องตลาดหรือซุปเปอร์มาเก็ตมีเปลือกที่เป็นมันเงาเป็นพิเศษซึ่งเกิดการใช้สารเคลือบผิวโดยปกติพืชจะมีไขหรือนวลที่ผิวเพื่อช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำอยู่แล้วแต่หลังการเก็บเกี่ยวนวลเหล่านี้มักหายไปในขั้นตอนการล้าง ซึ่งการสูญเสียสารเคลือบผิวตามธรรมชาติทำให้ผักผลไม้เกิดการสูญเสียน้ำและเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการใช้สารเคลือบผิวผลไม้นั้นมีจุดประสงค์เพื่อช่วยลดการสูญเสียน้ำ ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ให้นานขึ้น

[1]หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[1]Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

[2]หลักสูตรเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[2]Biochemical Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok

[3]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[3]Postharvest Technology Innovation Center, Commission of Higher Education, Bangkok 10400

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการสารเคลือบผิวสำหรับผลไม้สดโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีความต้องการสารเคลือบผิวสำหรับส้มจำนวนมากและมีมูลค่าการนำเข้าในแต่ละปีเป็นจำนวนหลายสิบล้านบาท ดังนั้นการวิจัยในเรื่องสารเคลือบส้มจึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อลดปริมาณการนำเข้า โดยงานวิจัยนี้มุ่งประเด็นของการใช้สารเคลือบผิวจากธรรมชาติที่ได้ไขรำข้าวซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันรำข้าว จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าไขรำข้าวที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้วสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ และสามารถนำไปใช้แทนไขคาร์นูบา (Carnuba wax) ซึ่งมีราคาแพงใช้เป็นสารเคลือบผักผลไม้ยาอมลูกกวาดหรือหมากฝรั่ง ใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตเครื่องสำอาง สารขัดเงา เป็นต้น อย่างไรก็ตามข้อมูลการประยุกต์ใช้ไขรำข้าวเพื่อเป็นสารเคลือบผิวในพืชตระกูลส้มยังมีอยู่น้อยซึ่งจะต้องทำการวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

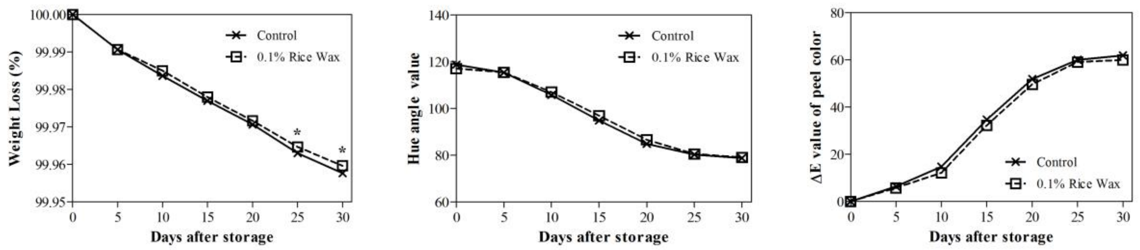
ทำการเก็บเกี่ยวส้มในวัยทางการค้าจากสวนเกษตรกรในพื้นที่รังสิตคลอง 15 ในช่วงเวลาเช้า แล้วขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ด้วยรถควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการล้างเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดมากับผิวส้ม ผึ่งให้แห้ง ทำการแบ่งผลส้มออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มที่ไม่เคลือบผิว (ชุดควบคุม) และกลุ่มที่เคลือบผิว สำหรับสารเคลือบผิวมีส่วนผสมของไขรำข้าวบริสุทธิ์ร้อยละ 0.1 และส่วนประกอบอื่นๆ ตามสูตรของ สุทธิลักษณ์และคณะ (2553) โดยมีกรดโอเลอิค แอมโมเนีย กลีเซอรอล เอทานอลและน้ำเป็นองค์ประกอบ หลังจากนั้นผึ่งผลส้มให้แห้งและบรรจุในตะกร้าพลาสติกที่คลุมด้วยถุงโพลีเอทิลีน ทำการเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นร้อยละ 90-95 เป็นเวลา 30 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 5 วัน ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ โดยมีซ้ำละ 10 ผล เพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพทั้งทางด้านกายภาพและทางเคมี

การวิเคราะห์ทางกายภาพ ทำการวัดการสูญเสียน้ำหนักสดเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น วัดการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกโดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter, Minolta) แล้วแสดงผลในรูปของค่า Hue angle และคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเปรียบเทียบกับค่าสีเริ่มต้น (ΔE) นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มโดยใช้เครื่อง Gas chromatography

การวิเคราะห์ทางเคมีทำโดยการคั้นน้ำจากผลส้มแล้ววัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Digital Refractometer ซึ่งรายงานค่าเป็นองศาบริกซ์ ทำการวิเคราะห์ประมาณกรดที่ไตเตรทได้ตามวิธีการของ AOAC (1995) และวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีตามวิธีการของ Roe และคณะ (1948)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

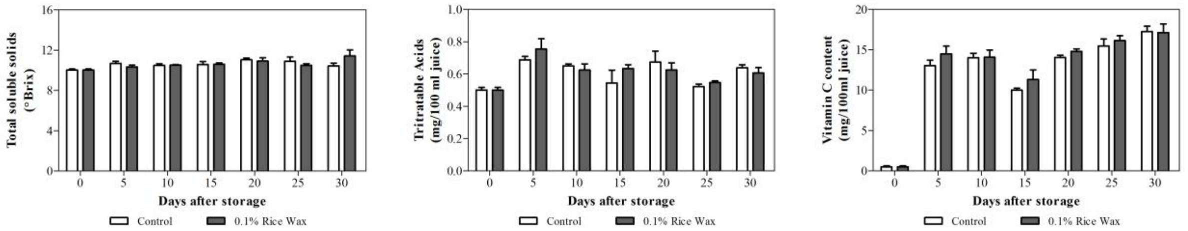
น้ำหนักสดของผลส้มระหว่างชุดที่เคลือบและไม่เคลือบผิวมีค่าลดลงตลอดอายุการเก็บรักษาโดยมีน้ำหนักต่างกันน้อยมาก ซึ่งพบว่าผลส้มที่เคลือบผิวมีน้ำหนักสดมากกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวเล็กน้อยและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติในช่วงท้ายของการเก็บรักษา (Figure 1) จากผลการทดลองสามารถอธิบายได้ว่าการเก็บรักษาส้มที่อุณหภูมิต่ำอาจทำให้ผลส้มมีอัตราการหายใจต่ำดังนั้นจึงมีการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นน้อย โดยต่างจากการทดลองของ สุทธิลักษณ์ และคณะ (2553) ที่พบความแตกต่างของน้ำหนักผลส้มอย่างชัดเจนระหว่างผลที่เคลือบและไม่เคลือบผิวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส ความชื้นร้อยละ 75±2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปัจจัยในเรื่องของอุณหภูมิมีผลต่อการลดการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการใช้สารเคลือบผิว นอกจากนี้ความชื้นยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ควรพิจารณาเนื่องจากในการทดลองนี้ทำการเก็บรักษาส้มในสภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสูงจึงช่วยชะลอการสูญเสียน้ำออกจากผลส้ม สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกพบว่าค่า Hue angle ของเปลือกผลส้มที่เคลือบและไม่เคลือบผิวไม่มีความแตกต่างกันตลอดอายุการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าการเปลี่ยนแปลงสีเทียบกับค่าเริ่มต้น (ΔE) พบว่าผลส้มที่เคลือบผิวมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีน้อยกว่าผลส้มที่ไม่เคลือบผิวเล็กน้อย ซึ่งแสดงว่าการเคลือบผิวมีส่วนช่วยในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกส้ม (Figure 1) จากการสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าผลส้มที่ไม่เคลือบผิวมีสีเหลืองกว่าผลที่เคลือบผิว (ไม่ได้แสดงผลการทดลอง)



(A) (B) (C)

Figure 1 Weight loss (A), hue angle value (B) and ΔE value of peel colour (C) of the orange coated with a solution contained 0.1% rice bran wax. Uncoated fruit is a control treatment.

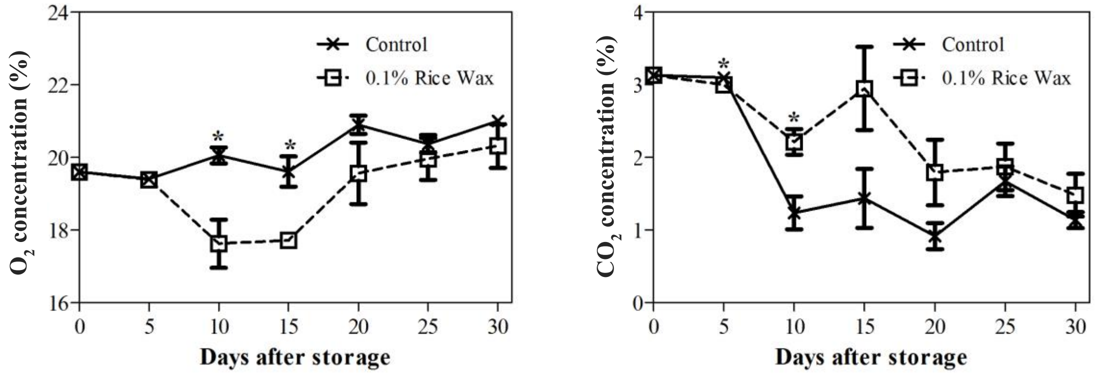
การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้และปริมาณวิตามินซีระหว่างผลส้มที่เคลือบและไม่เคลือบผิวไม่มีความแตกต่างกันตลอดอายุการเก็บรักษา (Figure 2) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเคลือบผิวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในการบริโภค จากผลการทดลองสังเกตเห็นว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้จากน้ำคั้นของผลส้มมีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งต่างจากปริมาณวิตามินซีที่พบว่าผลส้มที่เก็บเกี่ยวจากต้นใหม่ๆ ซึ่งเปลือกยังมีสีเขียวมีปริมาณวิตามินซีน้อยมาก แต่เมื่อเก็บรักษาจนผลส้มเริ่มมีการพัฒนาสีเปลือกไปเป็นสีเหลืองพบว่ามีปริมาณวิตามินซีเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Anwar และคณะ (1999) ที่พบว่าปริมาณวิตามินซีของผลส้ม 5 สายพันธุ์มีปริมาณสูงขึ้นเมื่อมีอายุเพิ่มขึ้น



(A) (B) (C)

Figure 2 Total soluble solids (A), titratable acidity (B) and vitamin C (C) contents of the orange coated with a solution contained 0.1% rice bran wax. Uncoated fruit is a control treatment.

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในผลส้มที่เคลือบผิวพบว่ามีค่าความเข้มข้นลดลงมากกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ในขณะที่ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลส้มที่เคลือบผิวมีค่ามากกว่าผลส้มที่ไม่เคลือบผิว (Figure 3) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเคลือบผิวมีการสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในผลส้ม โดยสารเคลือบผิวทำหน้าที่ในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซระหว่างภายในผลส้มและบรรยากาศภายนอกโดยปกติการเคลือบผิวเป็นการสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงให้กับผลไม้วิธีหนึ่ง ซึ่งช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาส้ม แอปเปิ้ล และเกรฟฟรุท นอกจากนี้ยังช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตผลสดอีกด้วย (Park, 1999)



(A) (B)

Figure 3 Internal oxygen (A) and carbon dioxide (B) concentration of the orange coated with a solution contained 0.1% rice bran wax. Uncoated fruit is a control treatment.

สรุปผล

การเคลือบผิวส้มด้วยสารเคลือบที่มีไขรำข้าวสามารถชะลอการสูญเสียน้ำได้ดีกว่าส้มที่ไม่เคลือบผิว โดยการเคลือบผิวสามารถสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในผล ทำให้ลดการสูญเสียน้ำหนัก แต่อย่างไรก็ตามการเคลือบผิวไม่มีผลต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกของผลส้ม

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษาที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยตลอดโครงการ

เอกสารอ้างอิง

สุทธิลักษณ์ พุ่งมณีสกุล อนุวัตร แจ้งชัด และ กมลวรรณ แจ้งชัด, 2553, การพัฒนาสารเคลือบผิวไบเลเยอร์และสารเคลือบผิวหลายองค์ประกอบเพื่อลดการสูญเสียน้ำหนักของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 48 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, 417-425.

Anwar, S.A., Ahmad, B., Sarfraz, M., Hussain, K., Bhatti, K.M. and Saqib, M., 1999, Effect of Picking Time on Physical and Chemical Characteristics of Sweet Orange, International Journal of Agriculture & Biology, 1(1/2): 59-61.

AOAC, 1995, Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th ed. AOAC International, Incorporate Virginia, USA.

Park, H.J., 1999, Development of Advanced Edible Coatings for Fruits, Trends in Food Science & Technology, 10: 254-260.

Roe, J.H., Mills, M.B., Oesterling, M.J. and Damron, C.M., 1948, The Determination of Diketo-Igulonic acid, Dehydro-l-ascobic acid and lascorbic acid in the same tissue extract by the 2,4-dinitrophenylhydrazine method, Journal of Biological Chemistry, 174: 201-208.

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพแต่ละสูตรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกขี้หนู (*Capsicum frutescens* L.)

Study on the Effect of Various Types of Bio-fertilizers on the Growth and Yield of Bird Chilli (*Capsicum frutescens* L.)

ชลธิรา แสงศิริ[1] เปมิกา พรหมแก้ว[1] เมธี วิบูลย์เขียว[2] และ ธนพร ขจรผล[3]
Sangsiri, C.[1] Pomkeaw, P.[1] Vibulkeaw, M.[2] and Kajonphol, T.[3]

Abstract

Bird chilli is an economic plant which gained high-income. Farmers have grown it by blending with abundantly chemical fertilizers for increasing productivity which effected to the output of the Bird chilli. This research was to study on the effectiveness of each organic fertilizer on the chilli growth and productivity. The experimental designed was completely randomized design (CRD) consisted of 7 treatments with 10 replications. The bio-fertilizer treatments were milk/egg (TRM1), fish (TRF2), vegetables/fruits (TRV3), mungbean (TRB4), corn husk (TRC5), no fertilizer (TRNC6) and 15-15-15 formula chemical fertilizer (TRCC7). The experiment was divided into two experiments. The first experiment was to study on the nutrients content viz. N, P_2O_5, K, Mg and Fe in bio-fertilizers and the second experiment was to analyze the effect of bio-fertilizers on bird chili morphology traits. The results revealed that TRF2 has the highest average of N, P_2O_5, K, Mg and Fe as 0.053 ppm, 0.21 ppm, 1537.53 ppm 81.48 ppm and 3.66 ppm, respectively. However, TRM1 has the highest Ca content as 323.15 ppm. Finally, TRF2 was highly significant affected on fruit length, fruit width, total yield, number of fruits per plant and leaf area as 4.27cm, 7.31mm, 169.31g, 150.62 fruits and 23.05 cm^2. Therefore, the TRF2 will be suitable for fertilizing instead of the chemical fertilizer.

Keywords: bird chilli, *Capsicum frutescens* L., bio-fertilizer, nutrients

บทคัดย่อ

พริกขี้หนู (Bird chilli) เป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้สูง เกษตรกรจึงใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมากเพื่อเพิ่มผลผลิต ทำให้เกิดผลเสียหลายด้าน งานวิจัยจึงศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพแต่ละสูตรต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพริก โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) 7 ทรีทเมนต์ 10 ซ้ำ น้ำหมักชีวภาพ คือ นมไข่ (TRM1) ปลา (TRF2) ผักผลไม้ (TRV3) ถั่วเขียว (TRB4) น้ำเปลือกข้าวโพด (TRC5) ไม่ให้ปุ๋ย (TRNC6) และ ปุ๋ยเคมีสูตร15-15-15 (TRCC7) การทดลองนี้แบ่งเป็นสองการทดลอง การทดลองแรกเป็นการวิเคราะห์ธาตุอาหาร ได้แก่ N, P_2O_5, K_2O, Mg และ Fe ในน้ำหมักชีวภาพ และการทดลองที่สอง คือผลของน้ำหมักชีวภาพต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของพริก จากการศึกษาพบว่า TRF2 มีค่าเฉลี่ยของ N, P_2O_5, K_2O, Mg และ Fe สูงสุดเท่ากับ 0.053 ppm, 0.21 ppm, 1537.53 ppm, 81.48 ppm และ 3.66 ppm ตามลำดับ นอกจากนี้ TRM1 มีปริมาณ Ca สูงสุดเท่ากับ 323.15 ppm นอกจากนี้การฉีดพ่น TRF2 ลงบนต้นพริกมีค่าเฉลี่ย ความยาวผล ความกว้างผล น้ำหนักผล จำนวนผล และพื้นที่ใบ สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 4.27 cm, 7.31 mm, 169.31 g, 150.62 ผล และ 23.05 cm^2 ตามลำดับ ดังนั้น TRF2 มีความเหมาะสมสำหรับใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้

คำสำคัญ: พริกขี้หนู *Capsicum frutescens* L. น้ำหมักชีวภาพ ธาตุอาหาร

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จ. กาญจนบุรี 71150
[1]Agricultural Sciences Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 71150
[2]งานวิจัยและส่งเสริมวิชาการ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จ. กาญจนบุรี 71150
[2]Research and Academic Supporting Section, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 71150
[3]คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000
[3]Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, 47000

คำนำ

พริก (chilli) เป็นพืชผักที่สำคัญอยู่ในตระกูล Solanaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum frutescens* L. พริกมีหลายชนิด พริกมีต้นกำเนิดมาจากทวีปอเมริกา ปัจจุบันนี้มีการปลูกในหลายประเทศทั่วโลก เนื่องจากพริกเป็นเครื่องเทศที่สำคัญชนิดหนึ่งอีกทั้งยังมีสรรพคุณทางยา พริกเป็นพืชที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจของประเทศไทยมาก โดยมีมูลค่าการส่งออกสูงไม่ต่ำกว่า 10,000 ตัน มีมูลค่าเฉลี่ย 77-100 ล้านบาท ต่อปี ประเทศไทยจำเป็นต้องมีการผลิตพริกเป็นจำนวนมากเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นจึงมีการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่สูงขึ้นไปด้วย (จำนอง, 2555) แต่ทั้งนี้การใช้ปุ๋ยเคมีมีผลกระทบต่อต้นทุนของผู้ผลิต น้ำหมักชีวภาพ (Bio-fertilizer) เป็นสารละลายเข้มข้นที่ได้จากการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากพืชหรือ สัตว์ทางการเกษตร และภายในท้องถิ่นมาทำให้เกิดประโยชน์ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสีน้ำตาลซึ่งประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรท กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน กรดฮิวมิก น้ำย่อย วิตามิน ฮอร์โมน แร่ธาตุซึ่งมีครบทั้งธาตุหลัก ธาตุรอง และธาตุเสริม ที่ทำให้พืชแข็งแรงและช่วยในการเจริญเติบโตของพืช (วีณารัตน์และคณะ, 2552) เพื่อเป็นการลดรายจ่ายจากภาวะต้นทุนการผลิตสูงแต่ยังคงประสิทธิภาพในการผลิต จึงมีแนวทางหนึ่งที่ใช้ได้ผลดี คือ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ดังนั้นผู้ศึกษาจึงมีความสนใจในการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพเพื่อการผลิตพริกอินทรีย์ โดยใช้น้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยสามารถนำมาใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตพริกอินทรีย์

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองพริกสายพันธุ์ พริกขี้หนูจินดา ปลูกในกระถางขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว โดยใช้ดินผสม ดิน : แกลบเผา : ขุยมะพร้าว : มูลวัว : ในอัตราส่วน 1:1:1:1 แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) 7 ทรีทเมนต์ 10 ซ้ำ แต่ละทรีทเมนต์มีดังนี้ น้ำหมักสูตรนม/ไข่ (TRM1) น้ำหมักสูตรปลา (TRF2) น้ำหมักสูตรผัก-ผลไม้ (TRV3) น้ำหมักสูตรถั่ว (TRB4) น้ำหมักสูตรเปลือกข้าวโพด (TRC5) ไม่ให้ปุ๋ย (TRNC6) และปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (TRCC7) ใช้น้ำหมักแต่ละทรีทเมนต์ในอัตราส่วนน้ำหมักชีวภาพ 20 ซีซี : น้ำ 10 ลิตร (โดยใช้ 100 ซีซีต่อกระถาง) ฉีดพ่นทุก 7 วัน รวมจำนวนทั้งสิ้นในการทดลอง 8 ครั้ง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำหมักชีวภาพ วัดค่า EC และpH และ วิเคราะห์ไนโตรเจน (Kjeldhal method) ฟอสฟอรัส (vanadomolybdate method) โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และสังกะสี โดยการใช้ Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) (กรมพัฒนาที่ดิน 2553) เก็บข้อมูลลักษณะผลผลิต ได้แก่ ความยาวผล (เซนติเมตร) ความกว้างผล (มิลลิเมตร) น้ำหนักผลผลิต (กรัม) วันดอกแรกบาน (วัน) จำนวนผลผลิต (ผล) ความสูงต้น (เซนติเมตร) พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) และจำนวนใบ (ใบ)

ผลการทดลอง

ค่า EC ในน้ำหมักชีวภาพสูตรปลา มีค่าเฉลี่ย EC สูงสุดเท่ากับ 14.80 ds/m ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำหมักสูตรอื่นๆ โดยน้ำหมักสูตรเปลือกข้าวโพดมีค่าเฉลี่ย EC ต่ำสุดเท่ากับ 12.60 ds /m ส่วนค่า pH ในน้ำหมักสูตรนม/ไข่ มีค่าเฉลี่ย pH สูงสุดเท่ากับ 4.51 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำหมักสูตรอื่นๆ โดยน้ำหมักสูตรเปลือกข้าวโพด มีค่าเฉลี่ย pH ต่ำสุดเท่ากับ 3.53 (Table 1) ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด P_2O_5 และ K_2O พบว่าในน้ำหมักชีวภาพสูตรปลา มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 0.053 ppm ซึ่งมีความแตกต่างกับน้ำหมักสูตรอื่นๆ ส่วนน้ำหมักชีวภาพสูตรผักผลไม้และถั่ว มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดต่ำสุดเท่ากับ 0.026 ppm และในน้ำหมักชีวภาพสูตรปลามีค่าเฉลี่ยปริมาณ P_2O_5 สูงสุดเท่ากับ 0.21 ppm และน้ำหมักสูตรถั่วเขียวมีค่าเฉลี่ยปริมาณ P_2O_5 ต่ำสุด เท่ากับ 0.14 ppm นอกจากนี้ในน้ำหมักชีวภาพสูตรปลา มีค่าเฉลี่ยปริมาณ K_2O สูงสุดเท่ากับ1537.53 ppm มีความแตกต่างกับน้ำหมักชีวภาพสูตรอื่นๆ ส่วนน้ำหมักสูตรเปลือกข้าวโพด มีค่าเฉลี่ย ปริมาณ K_2O ต่ำสุดเท่ากับ 512.82 ppm ดัง Table 1

ส่วนปริมาณธาตุอาหารรอง Ca Mg Fe และ Zn พบว่า ปริมาณ Ca ในน้ำหมักชีวภาพสูตรนม/ไข่ มีค่าเฉลี่ยปริมาณ Ca สูงสุดเท่ากับ 323.15 ppm โดยน้ำหมักสูตรเปลือกข้าวโพด มีค่าเฉลี่ยปริมาณ Ca ต่ำสุดเท่ากับ 44.03 ppm ส่วนปริมาณ Mg ในน้ำหมักชีวภาพสูตรปลามีค่าเฉลี่ยปริมาณ Mg สูงสุดเท่ากับ 81.48 ppm และน้ำหมักสูตรเปลือกข้าวโพด มีค่าเฉลี่ยปริมาณ Mg ต่ำสุดเท่ากับ 27.69 ppm ปริมาณ Fe ในน้ำหมักชีวภาพสูตรปลามีค่าเฉลี่ยปริมาณ Fe สูงสุดเท่ากับ 3.66 ppm โดยน้ำหมักสูตรนม/ไข่มีค่าเฉลี่ยปริมาณ Fe ต่ำสุดเท่ากับ 1.93 ppm นอกจากนี้ปริมาณ Zn ในน้ำหมักชีวภาพสูตรผักผลไม้มีค่าเฉลี่ยปริมาณ Zn สูงสุดเท่ากับ 0.46 ppm และน้ำหมักสูตรเปลือกข้าวโพดมีค่าเฉลี่ยปริมาณ Zn ต่ำสุดเท่ากับ 0.15 ppm ซึ่งแสดงดัง Table 1

Table 1 Mean comparison of EC, pH and nutrients in each bio-fertilizer treatments

Treatment	EC	pH	Total N (%)	P_2O_5 (ppm)	K_2O (ppm)	Ca (ppm)	mg (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
TRM1	14.70^{b}	4.51^{a}	0.044^{b}	0.20^{b}	1031.05^{d}	323.15^{a}	54.82^{c}	1.93^{d}	0.22^{bc}
TRF2	14.80^{a}	4.43^{b}	0.053^{a}	0.21^{a}	1537.53^{a}	168.20^{b}	81.48^{a}	3.66^{a}	0.19^{bc}
TRV3	13.50^{d}	3.64^{c}	0.026^{d}	0.15^{d}	1155.73^{c}	78.08^{c}	56.31^{c}	2.82^{b}	0.46^{a}
TRB4	13.60^{c}	3.65^{c}	0.026^{d}	0.14^{e}	1457.25^{b}	95.30^{c}	73.47^{b}	2.34^{c}	0.35^{ab}
TRC5	12.60^{e}	3.53^{d}	0.030^{c}	0.19^{c}	512.82^{e}	44.03^{d}	27.69^{d}	2.55^{cb}	0.15^{c}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	*
C.V.	0.13	2.14	0.00	0.59	0.02	2.05	1.03	2.67	10.78

Means of the same trait followed by the same letter are not different at $P \leq 0.01$ using DMRT

Table 2 Mean comparison of morphological traits of bird chilli which effected by bio-fertilizer treatments

Treatment	Fruit length (cm)	Fruit width (mm)	total yield (g)	Days to first flowering (day)	No. of fruit per plant	Plant height (cm)	Leaf area (cm^2)	No. of leave per plant
TRM1	4.25^{a}	7.18^{a}	163.11^{a}	85.66^{c}	142.79^{a}	66.03^{a}	19.49^{b}	467.83^{ab}
TRF2	4.27^{a}	7.31^{a}	169.31^{a}	87.34^{bc}	150.62^{a}	65.69^{a}	23.05^{a}	469.66^{a}
TRV3	4.16^{ab}	6.84^{b}	157.63^{a}	87.82^{bc}	149.75^{a}	66.96^{a}	20.67^{b}	456.57^{bc}
TRB4	4.18^{ab}	7.24^{a}	150.10^{a}	87.08^{bc}	139.96^{a}	64.44^{a}	20.93^{b}	456.00^{bc}
TRC5	4.03^{bc}	6.54^{c}	141.93^{a}	89.38^{b}	134.45^{a}	60.17^{b}	16.96^{c}	467.83^{ab}
TRNC6	3.77^{d}	5.65^{d}	104.26^{b}	97.64^{a}	105.76^{b}	53.08^{c}	9.77^{d}	433.84^{d}
TRCC7	3.90^{cd}	5.83^{d}	151.96^{a}	88.78^{b}	149.75^{a}	60.18^{b}	17.21^{c}	446.14^{c}
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V.	7.21	7.01	5.21	31.74	31.16	9.86	17.83	4.82

Means of the same trait followed by the same letter are not different at $P \leq 0.01$ using DMRT

ลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริก จากการทดลองพบว่า TRF2 ทำให้พริกมีความยาวผลสูงสุด เท่ากับ 4.27 เซนติเมตร และ TRNC6 ทำให้พริกมีความยาวผลน้อยสุด เท่ากับ 3.77 เซนติเมตร นอกจากนี้ TRF2 ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความกว้างผลพริก สูงสุดเท่ากับ 7.31 มิลลิเมตร และ TRNC6 มีความกว้างผลพริกน้อยสุด เท่ากับ 5.65 มิลลิเมตร อีกทั้ง TRF2 ยังมีผลต่อน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 169.31 กรัม และ TRNC6 เป็นสูตรที่ทำให้มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตน้อยสุด เท่ากับ 104.26 กรัม นอกจากนี้ TRF2 ยังส่งผลต่อจำนวนผลสูงสุดเท่ากับ 150.62 ผล แต่ทั้งนี้ TRM1 ส่งผลให้พริกมีวันดอกแรกบานน้อยสุดเท่ากับ 85.66 วัน และ TRNC6 มีวันดอกแรกบานนานที่สุดเท่ากับ 97.64 วัน ส่วนความสูงของพริกนั้น TRV3 มีผลทำให้มีความสูงมากสุดเท่ากับ 66.96 เซนติเมตร สูตรการทดลอง TRF2 ส่งผลต่อพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 23.05 ตารางเซนติเมตร โดยในสูตรการทดลอง TRNC6 มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบต่ำสุด เท่ากับ 9.77 ตารางเซนติเมตร และสูตรการทดลอง TRF2 ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยจำนวนใบรวม สูงสุดเท่ากับ 469.66 ใบ โดยในสูตรการทดลอง TRNC6 มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบรวมน้อยสุด เท่ากับ 433.84 ใบ แสดงดัง Table 2

วิจารณ์ผล

จากการวิเคราะห์ค่า EC ของน้ำหมักชีวภาพ ทั้ง 5 สูตรมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 12.60-14.80 ds/m ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ กลุ่มงานส่งเสริมดินและปุ๋ย (2556) พบว่าน้ำปุ๋ยหมักชีวภาพ มีค่าการนำไฟฟ้าสูง ระหว่าง 2-14 ds/m โดยน้ำหมักชีวภาพสูตรปลามีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดแสดงว่ามีปริมาณแร่ธาตุอยู่มาก ส่วนค่า pH ของน้ำหมักชีวภาพ ทั้ง 5 สูตรมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.53-4.43 สอดคล้องกับรายงาน ไชยวัฒน์ (2553) พบว่ามีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.2-4.9 ซึ่งมีความเป็นกรดค่อนข้างสูง เกิดจากการสร้างกรดแลคติกของ Lactic acid bacteria ซึ่งจะอยู่ในสภาพความเป็นกรดรุนแรงได้ (กลุ่มงานส่งเสริมดินและปุ๋ย, 2556) ปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง พบว่าในน้ำหมักชีวภาพสูตรปลามีปริมาณค่าเฉลี่ย N, P_2O_5, K_2O, Fe และ Mg สูงที่สุด สอดคล้องกับรายงานของกรมวิชาการเกษตร (2547) ได้ทำการศึกษาธาตุอาหารในน้ำหมักชีวภาพจำนวน 177

ตัวอย่าง พบว่าน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตโดยใช้ปลา มีปริมาณ ธาตุอาหารหลักและรอง สูงกว่าน้ำหมักชีวภาพที่ใช้พืชเป็นวัตถุดิบ (กองโภชนาการ, 2533) จึงทำให้น้ำหมักชีวภาพสูตรปลามีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองที่สูง แต่พบว่าในน้ำหมักชีวภาพสูตรนม/ไข่ มีปริมาณ Ca สูงสุด เนื่องจากในไข่ มีองค์ประกอบสารอาหาร Ca ที่สูง เท่ากับ 126 มิลลิกรัม (กองโภชนาการ, 2533) จึงทำให้ในน้ำหมักชีวภาพสูตรนม/ไข่มีปริมาณ Ca สูงเช่นกัน นอกจากนี้ในน้ำหมักสูตรผักและผลไม้ จากผลการทดลองพบว่า ในสูตรการทดลอง TRF2 ส่งผลต่อค่าเฉลี่ย ความยาวผล ความกว้างผล น้ำหนักผล จำนวนผล พื้นที่ใบและจำนวนใบรวมสอดคล้องกับรายงานของ ณัฏฐา และคณะ (2553) พบว่าเมื่อใช้น้ำหมักชีวภาพจากไส้ปลา ส่งผลให้พริกมีการเจริญเติบโตและผลผลิต ที่ดีกว่าน้ำหมักชีวภาพชนิดอื่นๆ รวมทั้ง การใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และเนื่องจาก น้ำสกัดชีวภาพที่ใช้สัตว์เป็นวัสดุหลักในการหมัก มีแนวโน้มว่าจะมีปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช หรือฮอร์โมน (auxin, gibberellins (GA) and cytokinins) ที่ช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ การขยายตัวของเซลล์พืช ไม่ว่าจะเป็นราก ใบ ผล ลำต้น ที่ยืดตัวยาวหรือสูงขึ้น รวมถึง การออกดอก และการพัฒนาของผล มากกว่าน้ำสกัดชีวภาพที่ใช้พืชเป็นวัสดุหลักในการหมัก (กลุ่มงานส่งเสริมดินและปุ๋ย, 2556) จากผลการทดลองพบว่าในสูตรการทดลอง TRM1 มีค่าเฉลี่ยวันดอกแรกบานที่เร็วกว่าในสูตรการทดลองอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ เกษตรกรรมธรรมชาติ (2551) รายงานว่าน้ำหมักสูตรไข่ มีคุณสมบัติช่วยในการเร่งการออกดอกได้ดี

สรุปผล

การศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพริกแบ่งออกเป็นสองการทดลอง การทดลองแรกเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีได้แก่ EC, pH, N, P_2O_5, K_2O, Mg และ Fe ในน้ำหมักชีวภาพ และการทดลองที่สองคือผลของน้ำหมักชีวภาพต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของพริก จากการศึกษาพบว่า TRF2 มีค่าเฉลี่ยของ EC, pH, N, P_2O_5, K_2O, Mg และ Fe สูงสุดเท่ากับ 14.80 ds/m, 4.51, 0.053 ppm, 0.21 ppm, 1537.53 ppm, 81.48 ppm และ 3.66 ppm ตามลำดับ ซึ่งส่งผลทำให้ต้นพริกที่ฉีดพ่นด้วย TRF2 มีค่าเฉลี่ย ความยาวผล ความกว้างผล น้ำหนักผล จำนวนผล และพื้นที่ใบสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 4.27 เซนติเมตร 7.31 มิลลิเมตร 169.31 กรัม 150.62 ผล และ 23.05 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ดังนั้น TRF2 มีความเหมาะสมสำหรับพริกและใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน [สืบค้น], www.ldd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-07.pdf.

กรมวิชาการเกษตร, 2547, ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ น้ำหมักชีวภาพ, โครงการวิจัยและพัฒนาน้ำหมักชีวภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร.

กลุ่มงานส่งเสริมดินและปุ๋ย, 2556, การใช้น้ำสกัดชีวภาพหรือน้ำหมักชีวภาพในการปรับปรุงดิน, สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร,กรุงเทพ [สืบค้น], http://www.prcmu.cmu.ac.th [29/November/12]

กองโภชนาการ กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข, 2533, ตารางแสดงชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารไทย, กองโภชนาการกรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพมหานคร.

เกษตรกรรมธรรมชาติ, 2551, เพิ่มผลผลิตด้วยฮอร์โมนพืชแบบธรรมชาติ, กองบรรณาธิการวารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานคร.

จำนอง โสมกุล, 2555, การปลูกพริก, ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม [สืบค้น] http://www.rdi.kps.ku.ac.th/tvrc/public/public1_pepper.pdf [29/November/12].

ไชยวัฒน์ ไชยสุต, 2553, การศึกษาวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำสกัดชีวภาพ, ภาควิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ [สืบค้น], http://www.prcmu.cmu.ac.th [3/Febuary/10].

ณัฏฐา ทวีทรัพย์ วิริยา ศรีวิรัญ กำชัย ทวีทรัพย์ และหรรษา ทวีทรัพย์, 2553, การศึกษาวิธีการผลิตและประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากไส้ปลาทะเล, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

วีณารัตน์ มูลรัตน์ สมชาย ชคตระการ และ อัญชลี จาละ, 2552, ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากส่าเหล้าทดแทนกากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้, ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

การศึกษาการสกัดน้ำมันจากสาหร่าย *Spirogyra* sp.ผลิตเป็นไบโอดีเซลเพื่อเป็นพลังงานทดแทน

Biodiesel production from *Spirogyra* sp. as renewable energy

ศิวคุปต์ ธัญญเจริญ[1] รัตนชัย ไพรินทร์[1] และ ทรงพล ชื่นคำ[1]
Thunyajaroen, S.[1], Pairintra, R.[1] and Chunkumn, S.[1]

Abstract

Thailand's primary energy consumption mostly comes from fossil fuels which are imported from foreign countries. Biodiesel is mostly produced from edible feedstock which affects food supplies and biodiesel prices. This research studied biodiesel produced from *Spirogyra* sp. oil, which is extracted using hexane as a solvent. From fresh algae, the yield of the extracted oil was 12%, which was 87% of the moisture content in the extracted oil. The 6 fatty acids in this extracted oil are palmitoleic acid, heptadecanoic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid and alpha-linoleic acid. The extracted oil contains high amounts of free fatty acids (65.9%). Thus, a two-step in situ process was used. This technique can reduce the high free fatty acid content in extracted oil. During the first step, the free fatty acid content of extracted oil was reduced to 2.2% and was obtained in an hour at 60°C using the 9:1 methanol to oil molar ratio and 1% w/w of oil of H_2SO_4. Methyl ester was found at 32.4% and triglycerides were found at 27.9%. In the second step, the alkali catalyzed transesterification using the methanol to oil molar ratio of 6:1 and the catalyst to oil ratio of 0.55% w/w to produce biodiesel from the product of the first step at 60°C. After the reaction, the amount of methyl ester increased up to 50% and the viscosity value was 3.94 Cst. These results indicated that biodiesel can be produced from spirogyra sp. oil. In addition, algae can grow faster and easier and have high productivity per area. Furthermore, the cultivation of algae can absorb CO_2, which reduces GHG emissions.

Keywords: biodiesel, transesterification, *Spirogyra* sp., methanol

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยบริโภคน้ำมันดีเซลจากฟอสซิลที่นำเข้าจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ และไบโอดีเซลที่ผลิตได้ส่วนมาก มักจะนำพืชอาหารมาใช้เป็นวัตถุดิบ ส่งผลให้ราคาต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น เพื่อลดปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการค้นหาแหล่งวัตถุดิบใหม่ๆ มาทดแทน ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันจากสาหร่าย *Spirogyra* sp. ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (Hexane) จากนั้นนำน้ำมันที่สกัดได้มาผลิตเป็นไบโอดีเซลโดยใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น พบว่าน้ำมันที่สกัดได้จากสาหร่ายสดมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 87 และปริมาณน้ำมันประมาณร้อยละ 12 โดยองค์ประกอบหลักของน้ำมันนั้นเป็นกรดไขมัน 6 ชนิด ได้แก่ palmitoleic acid, heptadecanoic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid และ alpha-linoleic acid น้ำมันที่สกัดได้มีค่า Free Fatty acid สูงถึงร้อยละ 65.9 ทำให้ไม่สามารถใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นเบสได้ ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรด (H_2SO_4) แทน และต้องทำปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน ผลจากงานวิจัยพบว่า หลังจากผ่านขั้นตอนแรก ค่า Free Fatty acid ได้ลดลงเหลือร้อยละ 2.2 มีเมทิลเอสเทอร์อยู่ร้อยละ 32.4 และมีไตรกลีเซอร์ไรด์ร้อยละ 27.9 เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น พบว่าปริมาณเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50.0 โดยมีความหนืดอยู่ที่ 3.94 Cst. ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า น้ำมันที่สกัดได้จากสาหร่าย *Spirogyra* sp. สามารถนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ เพราะสาหร่ายเลี้ยงง่าย โตเร็ว ไม่รบกวนพื้นที่เพาะปลูกทางการเกษตร ให้ผลผลิตต่อพื้นที่ในปริมาณที่สูง และยังช่วยลดปัญหาโลกร้อน ทำให้สาหร่ายเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจ

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล ทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น สาหร่ายสไปโรไจร่า เมทานอล

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
[1]Division of Biotechnology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien) Bangkok 10150

คำนำ

ไบโอดีเซลสามารถผลิตได้จากกระบวนการสังเคราะห์ระหว่างน้ำมันพืชหรือน้ำมันจากไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์ ด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอรีฟิเคชัน (Transesterification) ทำให้เกิดเป็นเอสเทอร์ (ไบโอดีเซล) และกลีเซอรีนในปฏิกิริยาจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาและผลผลิต ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้โดยทั่วไป ได้แก่ กรด เบส และเอนไซม์ เป็นต้น การผลิตพลังงานจากพืชในประเทศไทย มักจะพบปัญหาการขัดแย้งด้านวัตถุดิบ เนื่องจากพืชที่ใช้สกัดเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น ปาล์มน้ำมัน อ้อย มันสำปะหลังเป็นชนิดเดียวกับพืชน้ำมันที่ใช้บริโภค ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆที่มีมูลค่าสูงกว่าการนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซล อีกทั้งต้องใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกมาก และใช้ระยะเวลานานในการเจริญเติบโต ทำให้มีการค้นคว้าหาวัตถุดิบที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ โดยต้องเป็นวัตถุดิบที่มีมูลค่าต่ำ ไม่สามารถนำมารับประทานได้ และมีปริมาณวัตถุดิบมาก รวมถึงใช้ระยะเวลาและพื้นที่ในการเพาะปลูกไม่มากเกินไป สาหร่ายจึงเป็นหนึ่งในวัตถุดิบที่มีบท บทบาทในการนำมาผลิตพลังงานทดแทนเมื่อกล่าวถึงสาหร่าย ส่วนใหญ่มักจะนึกถึงการนำไปใช้ประโยชน์ในแง่การเป็นอาหารของสัตว์หรือเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมของคน ซึ่งแท้จริงแล้วสาหร่ายจัดเป็นพืชอีกชนิดหนึ่ง ที่มีศักยภาพสูงในการนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล สาหร่ายก็มีลักษณะเหมือนกับ ข้าวโพด ถั่วเหลือง อ้อย ต้นไม้และพืชอื่นๆ ที่ใช้กระบวนการสังเคราะห์แสงในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมี (Kapdan และ Kargi, 2006) โดยใช้แหล่งคาร์บอนในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน แล้วเก็บสะสมไขมันไว้ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ (TAGs) แต่คุณลักษณะเด่นที่ทำให้แตกต่างจากพืชน้ำมันชนิดอื่นๆหลายอย่าง คือความรวดเร็วในการสะสมพลังงานภายในเซลล์ การเจริญเติบโตของสาหร่ายจะแตกต่างจากพืชทั่วไปเพราะเป็นการแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (binary fission) ซึ่งคล้ายคลึงกับแบคทีเรีย ด้วยสาเหตุนี้สาหร่ายจึงเติบโตได้รวดเร็ว โดยใช้เวลาเพาะเลี้ยงเพียง 7-14 วัน ก็สามารถเก็บเกี่ยวมาสกัดน้ำมันเพื่อผลิตไบโอดีเซลได้ จึงทำให้ดังนั้น การวิจัยนี้จึงได้มีแนวความคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการสกัดน้ำมันจากสาหร่ายสายพันธุ์ Spirogyra ที่มีอยู่ภายในท้องถิ่นเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตไบโอดีเซลเพื่อเป็นพลังงานทดแทน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างสาหร่าย จะทำการเก็บตัวอย่างสาหร่ายสด 1000 กรัม นำมาอบไล่ความชื้นจนแห้งที่อุณหภูมิ 100°C นาน 24 ชั่วโมง แล้วชั่งเพื่อหาปริมาณความชื้นที่มีอยู่แล้วจึงบดจนละเอียดร่อนตะแกรงจนเป็นผง

การสกัดน้ำมัน นำผงสาหร่าย 100 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลาย Hexane อย่างละ 100 mL ปั่นกวนด้วยเครื่องปั่นกวน 3 ชั่วโมง สกัดอุณหภูมิห้อง เมื่อสกัดน้ำมันเรียบร้อยแล้วแยกตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง Evaporator และคำนวนปริมาณน้ำมันที่สกัดได้

วิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันและเมทิลเอสเทอร์ใน ด้วย TLC , HPLC เพื่อดูคุณภาพและปริมาณของน้ำมันที่มีอยู่สาหร่ายสไปโจไจราโดยใช้คอลัมน์ Phenogel 5µ 100°A ตัวชะ (Mobile phase) 35% Toluene 65% Isooctane 0.15% Acetic acid ที่อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 1.0 ml/min

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่สกัดได้จากสาหร่ายสไปโจไจราโดยต้มไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105°C ใช้เวลา 30 นาที เตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาชนนิดกรด ที่ความเข้มข้น 0.5 M (H_2SO_4) ในเมทานอลนำน้ำมันที่สกัดได้จากสาหร่ายปริมาณ 50 ml กวนผสมกับตัวเร่งปฏิกิริยา โดยอัตราส่วน ระหว่างน้ำมันกับแอลกอฮอล์ใช้ 6:1 น้ำหนักโดยน้ำหนักทำปฏิกิริยาในอ่างที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C 1 ชั่วโมง กวนผสมตลอดเวลาด้วยเครื่องแมกเนติก เก็บตัวอย่างที่เวลา 120 นาที นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ล้างน้ำน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 50-55°C ล้างน้ำจนกว่าชั้นของเมทิลเอสเทอร์จะมีค่า pH ประมาณ 6-7 แยกกลีเซอรีนที่อยู่ชั้นล่างออกไปปล่อยให้แยกชั้นจากนั้นดูดน้ำมันชั้นบนแยกออกใส่หลอดทดลองและเติมโซเดียมซัลเฟตแอน-ไฮดรัส (Na_2SO_4) เก็บตัวอย่างน้ำมันบางส่วนเพื่อเตรียมสารตัวอย่างโดยละลายในทูโลอีน

วิเคราะห์องค์ประกอบเมทิลเอสเทอร์ ด้วยเครื่องเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) คอลัมน์ที่ใช้ชนิด Phenogel ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 7.8 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร ขนาดอนุภาคบรรจุ 5 ไมครอน ความพรุน (Porosity) 100°A ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นเริ่มจาก เตรียมน้ำมันที่ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น ปริมาตร 30 ml เตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดด่าง คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 ในเอทานอล อัตราส่วนโมล ระหว่างน้ำมันกับเอทานอลใช้ 6:1 ทำปฏิกิริยาในอ่างที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C นาน 1 ชั่วโมง กวนผสมตลอดเวลาด้วยเครื่องแมกเนติกหยุดปฏิกิริยาด้วยกรดอะซิติกปล่อยให้แยกชั้นจากนั้นดูดน้ำมันชั้นบนแยกออกใส่หลอดทดลองและเติมโซเดียมซัลเฟตแอน-ไฮดรัส (Na_2SO_4) เตรียมสารตัวอย่างโดยละลายในทูโลอีนสำหรับฉีดวิเคราะห์ HPLC (Gerpen, 2005)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สาหร่ายมีความชื้นสูงร้อยละ 87 ปริมาณน้ำมันที่มีอยู่ในผงสาหร่าย (Total oil) มีเพียงร้อยละ 18% เมื่อนำมาทำการวิเคราะห์ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ และกรดไขมันอิสระเบื้องต้นด้วย TLC และ HPLC พบว่า น้ำมันที่สกัดได้จากสาหร่ายสไปโรไจร่ามีองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์ร้อยละ 30 และมีกรดไขมันอิสระสูงร้อยละ 65.9 ดังแสดงใน Figure 1

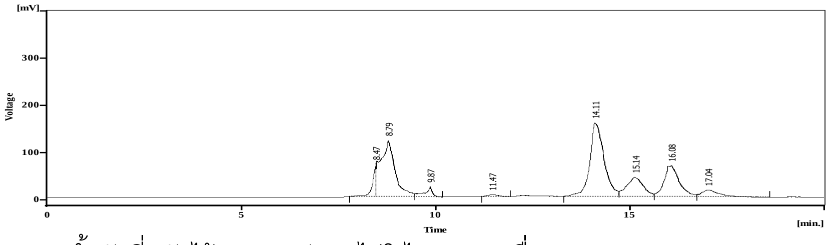


Figure1 โครมาโตแกรมของน้ำมันที่สกัดได้จากสาหร่ายสไปโรไจราจากเครื่อง HPLC

หลังการทำปฏิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น กรดไขมันอิสระลดลงมาอยู่ที่ร้อยละ 2.2 และร้อยละของไบโอดีเซลอยู่ที่ 32.4 ดังแสดงใน Figure 2 และเมื่อเสร็จสิ้นปฏิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นพบว่าปริมาณร้อยละของ ไบโอดีเซลที่เกิดขึ้นเพิ่มสูงขึ้นอยู่ที่ร้อยละ 50 ดังแสดงในรูป Figure 3

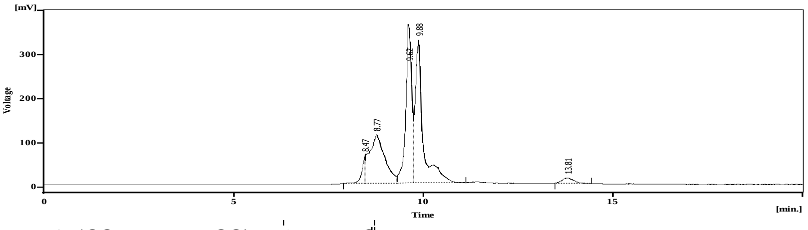


Figure 2 โครมาโตแกรมหลังปฏิกิยาเอสเทอริฟิเคชั่นจากเครื่อง HPLC

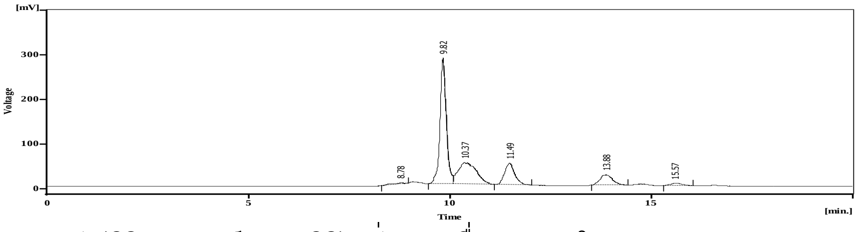


Figure 3 โครมาโตแกรมหลังปฏิกิยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นจากเครื่อง HPLC โดย

นอกจากนี้สาหร่ายสไปโรไจร่ามีองค์ประกอบของกรดไขมันหลักๆอยู่ 6 ชนิด ได้แก่ Palmitoleic acid, Heptadecanoic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid และ Alpha-Linoleic acid

น้ำมันที่สกัดได้จากสาหร่ายสไปโรไจราในการทดลองครั้งนี้ ซึ่งเก็บตัวอย่างสาหร่ายสดมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติในตำบลหนองกุง อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น ซึ่งได้ทำการศึกษาสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายเฮกเซน (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2555) โดยการนำสาหร่ายสดที่เก็บมาได้อบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อคำนวณหาปริมาณความชื้นหลังจากการอบจนแห้งแล้วพบว่าสาหร่าย สไปโรไจรามีความชื้นที่สูงมากโดยมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 75 และเมื่อนำสาหร่ายที่อบแห้ง 100 กรัม มาสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายเฮกเซน พบว่าในผงสาหร่ายอบแห้งมีปริมาณน้ำมันที่น้อยมากเพียง 18 กรัม จากนั้นนำน้ำมันที่สกัดได้จากสาหร่ายสไปโรไจราทดสอบคุณภาพของน้ำมันเบื้องต้นด้วยด้วยแผ่น TLC โดยเปรียบเทียบกับไตรกลีเซอร์ไรด์ของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และกรดไขมันอิสระของน้ำมันไขรำข้าว จากการทดลองนี้พบว่า น้ำมันที่สกัดได้จากสาหร่ายสไปโรไจรามีองค์ประกอบของไตรกลีเซอร์ไรด์และ มีองค์ประกอบของกรดไขมันอิสระอยู่ด้วย จากนั้นจึงได้นำน้ำมันที่สกัดได้จากสาหร่ายสไปโรไจรามาฉีดวิเคราะห์ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เพื่อต้องการทราบร้อยละของไตรกลีเซอร์ไรด์ และ กรดไขมันอิสระที่แน่นอนก่อนที่จะนำไปผลิตไบโอดีเซลจึงพบว่า ปริมาณของกรดไขมันมีสูงถึงร้อยละ 65.9 จึงไม่สามารถทำไบโอดีเซลที่เร่งปฏิกิริยาแบบทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นแบบขั้นตอนเดียวได้ ดังนั้น

จึงต้องนำน้ำมันที่สกัดได้นั้นผ่านกระบวนการเอสเทอริฟิเคชั่นเสียก่อนโดยมีเมทานอล (CH_3OH) และใช้กรดซัลฟิวริก(H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.5 M เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้ตัวอย่างน้ำมันที่สกัดได้จากสาหร่ายสไปโรไจร่า 50 ml (Oilgae, 2012) โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมคือ อัตราส่วนน้ำมันกับแอลกอฮอล์ใช้ 6:1 อุณหภูมิ 60°C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที เพื่อลดกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ให้ต่ำกว่าร้อยละ 3 ผลที่ได้หลังจากการทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นวิเคราะห์ด้วย HPLC กรดไขมันอิสระลดลงเหลือเพียงร้อยละ 2.2 ซึ่งเหมาะสมกับต่อการใช้ปฏิกิริยาแบบทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นด้วยเมทานอล (CH_3OH) โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 1 ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้ตัวอย่างน้ำมันที่สกัดได้จากสาหร่ายสไปโรไจร่า 30 ml โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมคือ อัตราส่วนน้ำมันกับแอลกอฮอล์ใช้ 6:1 อุณหภูมิ 60°C และเวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที เมื่อวิเคราะห์ร้อยละองค์ประกอบของไบโอดีเซลด้วยเครื่อง HPLC อีกครั้ง พบว่าไบโอดีเซลมีความบริสุทธิ์ที่ร้อยละ 50

สรุปผล

ในการทดลองพบว่าสาหร่ายสไปโรไจราสดมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 87 และปริมาณน้ำมันประมาณร้อยละ 12 โดยองค์ประกอบหลักของน้ำมันนั้นเป็นกรดไขมัน 6 ชนิด ได้แก่ palmitoleic acid, heptadecanoic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid และ alpha- linoleic acid น้ำมันที่สกัดได้มีค่า Free Fatty acid สูงถึงร้อยละ 65.9 หลังจากผ่านขั้นตอนเอสเทอริฟิเคชั่นค่า Free Fatty acid ได้ลดลงเหลือร้อยละ 2.2 มีเมทิลเอสเทอร์อยู่ร้อยละ 32.4 และมีไตรกลีเซอร์ไรด์ร้อยละ 27.9 เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น พบว่าปริมาณเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50 โดยมีความหนืดอยู่ที่ 3.94 Cst จากผลการทดลองสาหร่ายสาหร่ายสไปโรไจราสามารถนำมาผลิตไบโอดีเซลได้เพียงร้อยละ 50 ซึ่งถือว่าน้อย แต่การทดลองนี้เป็นเพียงการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสาหร่ายสไปโรไจร่าซึ่งเป็นสาหร่ายน้ำจืดที่พบอยู่ตามแหล่งน้ำทั่วไปในธรรมชาติมาผลิตเป็นไบโอดีเซลเพื่อเป็นพลังงานทดแทนในอนาคต ส่วนผลของการหาคุณสมบัติบางประการของไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันสาหร่ายได้แก่ ค่าไอโอดีน ค่าดัชนีซีเทน และค่าความร้อนในการเผาไหม้นั้นไม่ได้ทำการทดลอง เนื่องด้วยข้อจำกัดทางวัตถุดิบที่มีน้อย แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับวัตถุดิบที่จะนำมาสกัดน้ำมันนั้นสาหร่ายก็ยังเป็นที่น่าสนใจในการพัฒนาต่อยอดออกไปอีกซึ่งอาจมีประโยชน์ทางด้านพลังงานไม่มากก็น้อย เนื่องจากสาหร่ายที่นำมาทดลองนั้น เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และไม่ต้องการพื้นที่ในการเพาะปลูก อีกทั้งไม่แย่งพื้นที่พืชอาหารเหมือนพืชอื่นๆ ที่นำมาสกัดน้ำมัน จึงมีความเป็นไปได้ว่าในอนาคต สาหร่ายสไปโรไจร่าจะเป็นอีกหนึ่งในวัตถุดิบทดแทนในการผลิตไบโอ-ดีเซล เพื่อช่วยลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงและรักษาสิ่งแวดล้อมให้กับเมืองไทย

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร. คณิต กฤษณังกูร รศ. ดร. กรณ์กนก อายุสุข รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีไขมัน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2555, นักวิชาการ ม.อ. วิจัยการสกัดน้ำมันจากสาหร่ายขนาดเล็กโดยไม่ผ่านการอบแห้ง [สืบค้น], http://www.psu.ac.th/en/node/2623 [27/January/12].

Kapdan, I.K. and Kargi, F., 2006, Bio-Hydrogen Production from Waste Materials, Enzyme and Microbial Technology, Vol. 38, pp. 569-582.

Gerpen, J.V., 2005, Biodiesel Processing and Production, Fuel Processing Technology, 86: 1097-1107.

Oilgae, 2012, Biodiesel from Algae Oil [Online], Available: http://www.oilgae.com/ [10/January/12].

ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชสกุลหงส์เหิน 45 ตัวอย่างโดยเทคนิค AFLP

Genetic relationships among 45 accessions of *Globba* using AFLP Technique

ปิติมา พุ่มพวง[1] และ เฉลิมมาลย์ วงศ์ชาวจันท์[1]
Pumpuang, P.[1] and S. Wongchaochant[1]

Abstract

The genetic relationships among 45 accessions of *Globba* in Thailand were investigated using AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) markers. AFLP analysis was performed using *EcoR*I and *Mse*I primer combinations. The seven primer combinations were selected as the suitable primer pairs for successful DNA amplification. In total 336 putative loci were scored. The similarity index and cluster analysis (UPGMA) of the collected accessions were carried out using NTSYS-pc version 2.2 program. The results showed that dendrogram was clustered into seven groups. The relationships among *Globba* accessions in the present study agreed well with that inferred from classification based on morphological characteristics. And this method could show the relationships between the accessions which were in the same species with had different bract color. Therefore, AFLP technique could be used to identify the species *Globba*. The background genetic information will be useful to *Globba* improvement project in the future.
Keywords: *Globba*, cluster analysis, AFLP

บทคัดย่อ

ศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของหงส์เหินจำนวน 45 ตัวอย่าง ด้วยเครื่องหมาย AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) พบไพรเมอร์ชนิด *EcoR*I และ *Mse*I จำนวน 7 คู่ ที่สามารถเพิ่มจำนวนชิ้นดีเอ็นเอได้ดี ให้แถบดีเอ็นเอที่ชัดเจน และแสดงความแตกต่างของสกุลหงส์เหินแต่ละชนิด โดยพบจำนวนแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 336 แถบ เมื่อนำข้อมูลแถบดีเอ็นเอมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA) และสร้างแผนภาพทางพันธุกรรม สามารถแบ่งกลุ่มของสกุลหงส์เหินที่ศึกษาได้ 7 กลุ่ม สามารถนำไปอธิบายความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของแต่ละชนิดได้ ซึ่งสอดคล้องกับการจำแนกโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และสามารถแบ่งแยกในสปีชีร์เดียวกัน แต่สีกลีบประดับต่างกันได้ แสดงให้ว่าเทคนิค AFLP นำมาใช้ในการจัดกลุ่มสกุลหงส์เหินในประเทศไทยได้ ข้อมูลทางพันธุกรรมเหล่านี้จะเป็นประโยชน์กับการปรับปรุงพันธุ์พืชสกุลนี้ต่อไปในอนาคต
คำสำคัญ: หงส์เหิน การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ AFLP

คำนำ

หงส์เหิน (*Globba*) เป็นพืชดอกประเภทหัวที่มีมากกว่า 100 ชนิด โดยเป็นสกุลที่มีความหลากหลายมากเป็นอันดับ 3 ของพืชวงศ์ Zingiberaceae (Kress และคณะ, 2002) หงส์เหินมีการกระจายตัวอยู่ ในบริเวณเขตร้อนทางตอนใต้ของทวีปเอเชียและมีรายงานว่าพบในเมืองไทย ที่เคย มีรายงานว่าสำรวจพบในเมืองไทยมีถึง 40 สายพันธุ์ ส่วนมากมีดอกสีเหลือง สีขาวและสีม่วง ในเมืองไทยประชาชนนิยมนำดอกมาใช้ในพิธีตักบาตรดอกไม้ในช่วงเข้าพรรษามาแต่ดั้งเดิม จึงเป็นที่มาของชื่อสามัญอีกชื่อหนึ่งว่า “ดอกเข้าพรรษา” การจำแนกสายพันธุ์ของหงส์เหินในประเทศไทยนั้น มีเพียงข้อมูลการจำแนกโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาทั่วไป และมีการศึกษาในส่วนของเซลล์วิทยาเพียงบางส่วน สำหรับการใช้เครื่องหมายโมเลกุลมีการนาเทคนิค nuclear internal transcribed spacer (ITS) และข้อมูล plastid trnK-matK มาใช้ในการจำแนกสกุลหงส์เหินและสปีชีร์ที่เกี่ยวข้อง (Williams และคณะ, 2004) แต่ข้อมูลความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของสกุลหงส์เหินในประเทศไทย โดยใช้เครื่องหมายทางโมเลกุลยังไม่ชัดเจน

[1]มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1]Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd., Chatuchak, Bangkok, 10900

งานวิจัยนี้ใช้เทคนิค AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) เพื่อหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของสกุลหงส์เหินในประเทศไทย เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ดีกว่าเทคนิคอื่นเพราะไม่ต้องทราบลำดับเบสของดีเอ็นเอสามารถทำได้รวดเร็วทำซ้ำๆ ได้ผลเหมือนเดิม และการทำปฏิกิริยาในหนึ่งครั้งสามารถตรวจสอบดีเอ็นเอได้หลายตำแหน่งเหมาะสำหรับนำข้อมูลมาศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างและการสกัดดีเอ็นเอ

ใช้ตัวอย่างใบอ่อนของหงส์เหิน ที่รวบรวมโดยสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ เชียงใหม่ และจากโรงเรือนของสาขาพืชสวนประดับ ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ. เชียงใหม่ จำนวนทั้งหมด 45 ตัวอย่าง จากนั้น นำตัวอย่างใบอ่อนที่เก็บรวบรวมมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส จนกว่าจะสกัดดีเอ็นเอ ในการสกัดดีเอ็นเอใช้ใบอ่อนของหงส์เหินปริมาณ 50 มิลลิกรัม สกัดดีเอ็นเอด้วย DNeasy® Plant Mini Kit (QIAGEN, Germany) จากนั้นตรวจสอบคุณภาพดีเอ็นเอด้วยวิธีอิเลคโตรโฟเลซิสในอะกาโรสเจล ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

การตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอ โดยใช้เทคนิค AFLP

ตัดดีเอ็นเออย่างสมบูรณ์ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ 2 ชนิด คือ *Eco*RI และ *Mse*I จากนั้นเชื่อมต่อดีเอ็นเอกับ *Eco*RI adapter และ *Mse*I adapter เพื่อใช้เป็นดีเอ็นเอต้นแบบ การเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอโดยวิธี PCR โดยใช้ไพรเมอร์ที่มีการเพิ่มนิวคลีโอไทด์ 1 ตัว ที่ปลาย 3' ของไพรเมอร์ โดยไพรเมอร์ *Eco*RI + A กับ *Mse*I + C หรือไพรเมอร์ *Eco*RI + C กับ *Mse*I + A (preselective amplification) และเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอโดยใช้ไพรเมอร์ที่มีการเพิ่มนิวคลีโอไทด์ 3 ตัว ที่ปลาย 3' ของไพรเมอร์ โดยไพรเมอร์ *Eco*RI + 3 และ *Mse*I + 3 (selective amplification) จากนั้นการแยกขนาดดีเอ็นเอด้วยวิธีอิเลคโทรโฟรีซิสใน denaturing polyacrylamide gel และนำแผ่น polyacrylamide gel ไปย้อมด้วยวิธี silver straining (Vos และคณะ, 1995)

การวิเคราะห์ผลข้อมูล AFLP

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม โดยแปลผลข้อมูลจากแถบดีเอ็นเอที่สามารถใช้แยกความแตกต่างของหงส์เหินแต่ละตัวอย่าง เปรียบเทียบจากความเหมือนและความแตกต่างของรูปแบบของแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏ ถ้าพบแถบดีเอ็นเอในตำแหน่งที่ทำการสำรวจข้อมูลให้ใช้สัญลักษณ์เป็น “1” ส่วนตัวอย่างที่ไม่มีแถบดีเอ็นเอปรากฏในตำแหน่งที่ทำการสำรวจข้อมูลให้ใช้สัญลักษณ์เป็น “0” นำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม NTSYS-pc version 2.1e (Rohlf, 2002)

ผลการทดลอง

ศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมพืชสกุลหงส์เหินจำนวน 45 ตัวอย่าง ด้วยเครื่องหมาย AFLP พบไพรเมอร์ 7 คู่จากไพรเมอร์ทั้งหมด 16 คู่ ที่สามารถเพิ่มจำนวนชิ้นดีเอ็นเอได้ดี ให้แถบดีเอ็นเอที่ชัดเจน และแสดงความแตกต่างของสกุลหงส์เหินแต่ละชนิด โดยพบจำนวนแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 336 แถบ (Table 1)

วิจารณ์ผล

วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมจากข้อมูลแถบดีเอ็นเอด้วยวิธี UPGMA สามารถแบ่งกลุ่มของสกุลหงส์เหินที่ศึกษาได้ 7 กลุ่ม ที่ค่า Genetic distance เท่ากับ 0.594 (Figure 1) ในการจัดกลุ่มนี้สามารถอธิบายความสัมพันธ์ทาง พันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาได้ เช่น ลักษณะช่อดอก สีกลีบประดับ ซึ่ง ต่างจากการศึกษาของ Williams และคณะ (2004) ใช้เทคนิค ITS และข้อมูล plastid trnK-matK มาใช้ในการจำแนกสกุลหงส์เหินและสปีชีส์ที่เกี่ยวข้องแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม สอดคล้องเพียงลักษณะรยางค์อับเรณูที่แตกต่างกัน ดังนั้นการนำเทคนิค AFLP สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการจำแนกสกุลหงส์เหินในประเทศไทยได้ละเอียดและชัดเจน

สรุปผล

การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสกุลหงส์เหินในประเทศไทยด้วยเครื่องหมาย AFLP พบไพรเมอร์จำนวน 7 คู่ แสดงความแตกต่างได้ชัดเจน โดยพบจำนวนแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 336 แถบ นำมาแบ่งกลุ่มได้ 7 กลุ่ม สามารถนำไปอธิบายความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของแต่ละชนิดได้ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาแสดงให้ว่าเทคนิค AFLP นำมาใช้ใน

การจัดกลุ่มพืชสกุลหงส์เหินในประเทศไทยได้ ข้อมูลทางพันธุกรรมเหล่านี้จะเป็นประโยชน์กับการปรับปรุงพันธุ์พืชสกุลนี้ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Kress, W.J., Prince, L.M. and Williams, K.J., 2002, The Phylogeny and A New Classification of the Gingers (Zingiberaceae) : Evidence from Molecular Data, American Journal of Botany, 89: 1682-1696.

Rohlf, F.J., 2002, NTSYS pc: Numerical Taxonomy System, Version 2.1., Exeter Publishing, Setauket, New York.

Vos, P.R., Hogers, M., Bleeker, M., Rijans, T.L., Hornes, M., Frijters, A., Pot, J., Kuiper, M. and Zabeau, M., 1995, AFLP: A New Technique for DNA Fingerprinting, Nucleic Acids Research, 23: 4407-4414.

William, J.K., Kress J.W. and Manos, P.S., 2004, The Phylogeny, Evolution, and Classification of the Genus *Globba* and Tribe Globbeae (Zingiberaceae): Appendages do Matter, American Journal of Botany, 91(1): 100-114.

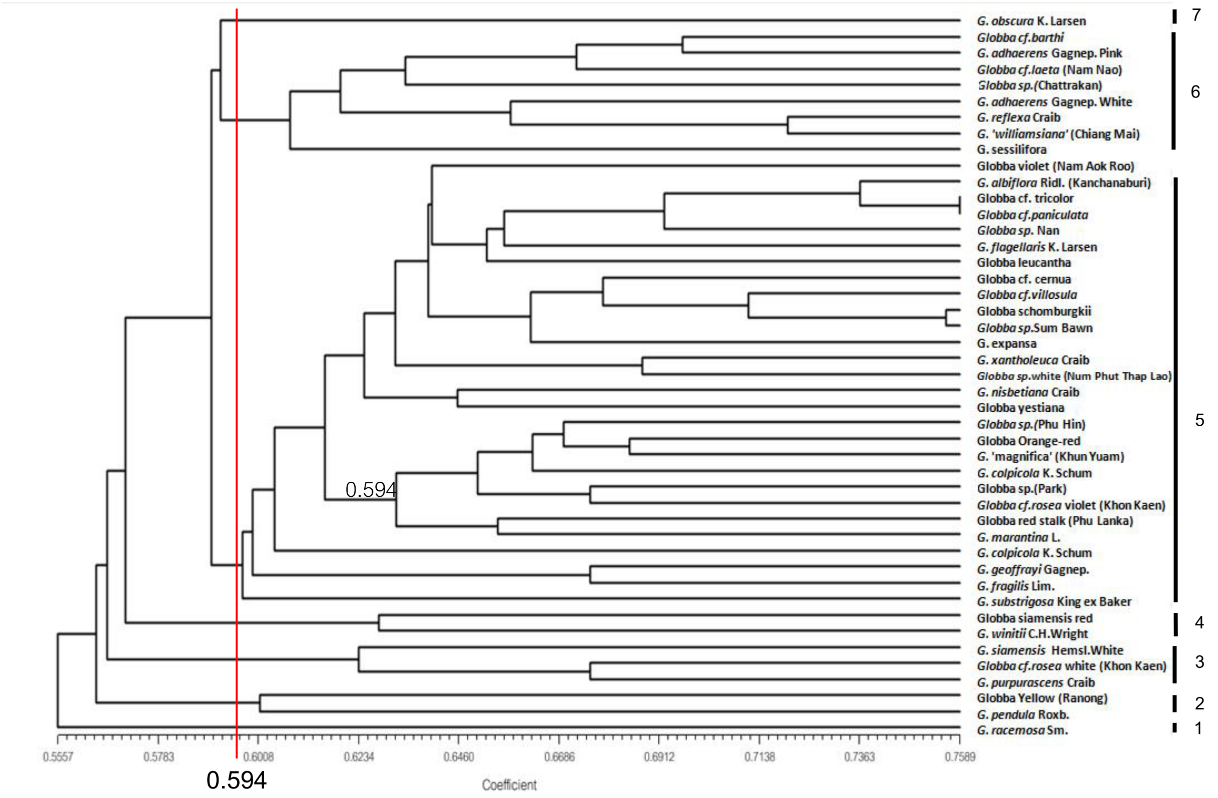


Figure 1 The similarity index and cluster analysis (UPGMA) of the investigated among 45 accessions of *Globba* were carried out using NTSYS-pc version 2.2 program.

Table 1 Primer combination, the number of total DNA bands, the number of polymorphism bands and the percentage of polymorphic bands resulted from AFLP analysis of 45 *Globba* accessions

Primer combinations			No. of Total DNA bands	No.of Polymorphism bands	Percentage of polymorphic bands
1	E-GACTGCGTACCAATTC**ACG**	M-GATGAGTCCTGAGTAA**CTG**	157	70	44.6
2	E-GACTGCGTACCAATTC**AGG**	M-GATGAGTCCTGAGTAA**CTT**	102	32	31.4
3	E-GACTGCGTACCAATTC**ACC**	M-GATGAGTCCTGAGTAA**CAG**	101	56	55.4
4	E-GACTGCGTACCAATTC**AAC**	M-GATGAGTCCTGAGTAA**CTT**	122	54	44.3
5	E-GACTGCGTACCAATTC**ACC**	M-GATGAGTCCTGAGTAA**CTC**	88	33	37.5
6	E-GACTGCGTACCAATTC**AGC**	M-GATGAGTCCTGAGTAA**CAA**	113	52	46.0
7	E-GACTGCGTACCAATTC**ACC**	M-GATGAGTCCTGAGTAA**CAC**	96	39	40.6
Total			779	336	-
Average			111.3	48	42.8

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์ยาสูบโดยเทคนิคโมเลกุลเครื่องหมายเอส เอส อาร์
Genetic Diversity of Tobacco Cultivars identified by SSR Marker Technique

เศรษฐา ศิริพินทุ์[1, 2] **และ ภาวิน อิทธิรส**[1, 2]
Siripin, S.[1, 2] and Ittirote, P.[1, 2]

Abstract

Simple Sequence Repeats (SSRs) were used to study the genetic diversity among 39 tobacco accessions. A total of 20 SSRs primer pairs were applied in this study, 13 SSRs primer detected polymorphisms which were distributed in tobacco genome, which detected a total of 60 polymorphic alleles. The high percentage of polymorphic SSR loci (65%) detected in this study showed a genetic similarity coefficient in the range of 0.057 to 0.857 among all accessions. By DICE similarity coefficient method and UPGMA cluster analysis, the dendrogram generated from the SAHN clustering could be classified into three distinct tobacco groups, group 1 the commercial cultivars were Ky9, TN89, Ky908, Ky15, TN97, Ky10, NC6, TN90, Ky907, B1SP, Va509, Burley21, Ky14, Ky8959, Ky14 XB1SP and HB4488P , while Padaeng, Hoochalaem, Moosor, Petkheangsigh, Yadong 6, Baisri, Pubkham, Yadong 5, MaungNakhon 2, Phetchaboon, Pasaklinchang, Maehorphra, Maaline, Cholair and Edaum were in group 2 local cultivars. Group 3 Wild tobacco cultivars were *N. glutinosa, N. phumbaginifollia, N. glauca, N. excelsior, N. amplexiculis, N. magalosiphon, N. maritima and N. synvestris*. Each distinct group could be classified into 2 sub-group, which depended on the genetic similarity coefficient. The different genotype based on SSR Markers result could be advantaged to the future tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) breeding programs.
Keywords: genetic diversity, SSR Markers, tobacco, *Nicotiana tabacum* L.

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์ยาสูบ 39 พันธุ์ โดยอาศัยเทคนิคโมเลกุลเครื่องหมาย เอส เอส อาร์ พบว่า จำนวนไพรเมอร์ที่เลือกใช้ทั้งหมด 20 ชนิด มีไพรเมอร์มากถึง 13 ชนิดที่สามารถจำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมบนชุดโครโมโซมยาสูบทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 65 โดยมีจำนวนแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นทั้งหมด 60 polymorphic alleles และพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมของพันธุ์ยาสูบที่ศึกษาทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.057 ถึง 0.857 ผลของการอาศัยวิธีการของ DICE สำหรับคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงทางพันธุกรรม และอาศัยหลักการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยวิธี UPGMA แล้วเขียนแผนภูมิ Dendrogram ด้วยวิธีการของ SAHN ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มพันธุ์ยาสูบออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยยาสูบพันธุ์การค้าได้แก่พันธุ์ Ky 9,TN 89, Ky 908,Ky 15,TN 97, Ky 10, NC 6, TN 90, Ky 907, B1SP, Va 509, Burley 21, Ky 14, Ky 8959, Ky14 X B1SP และ HB4488P ส่วนกลุ่มที่ 2 ได้แก่ยาสูบพันธุ์พื้นเมืองได้แก่พันธุ์ ป่าแดง, หูฉลาม, มูเซอร์, เพชรแข้งสิงห์, ยาดง 6, บายศรี, พับคำ, ยาดง 5, เมืองนคร 2, เพชรบูรณ์, ป่าสักลิ้นช้าง, แม่หอพระ, ม้าลาย, ช่อแล และ อีดำ กลุ่มที่ 3 คือยาสูบพันธุ์ป่า ได้แก่ *N. glutinosa, N. phumbaginifollia, N. glauca, N. excelsior, N. amplexiculis, N. magalosiphon, N. maritima* and *N. synvestris* พันธุ์ยาสูบในแต่ละกลุ่มยังสามารถแบ่งออกได้อีก 2 กลุ่มย่อยตามความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรม การศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมของยาสูบด้วยผลของการใช้เทคนิคโมเลกุลเครื่องหมาย SSR จึงเป็นประโยชน์สำหรับโครงการปรับปรุงพันธุ์ยาสูบในอนาคตอย่างยิ่ง
คำสำคัญ: ความหลากหลายทางชีวภาพ เอส เอส อาร์ เครื่องหมายโมเลกุล ยาสูบ *Nicotiana tabacum* L.

[1] **สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่** 50290
[1] Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Sansai, Chiang Mai 50290
[2] **ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพ สำนักงานคณะกรรมอุดมศึกษา กรุงเทพ** 10900
[2] Center of Excellence on Agricultural Biotechnology, Bangkok 10900

คำนำ

ยาสูบ (Tobacco) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nicotiana tabacum* L. เป็นพืชล้มลุกจัดอยู่ในวงศ์ Solanaceae ยาสูบมีความสำคัญอย่างมากต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย เพราะใช้เป็นวัตถุดิบหลักใน การผลิตบุหรี่มวน, ยาเส้น และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โรงงานยาสูบมีรายได้ในปี พ.ศ. 2554 จากการจำหน่ายบุหรี่ถึง 50,473.20 ล้านบาท (โรงงานยาสูบ, 2554) ยาสูบเบอร์เลย์เป็นยาสูบประเภทบ่มอากาศที่มีความสำคัญที่สุดในการผสมทำบุหรี่รสอเมริกัน โดยใช้เป็นส่วนผสมร้อยละ 15-45 ซึ่งยอดการจำหน่ายบุหรี่ของโรงงานยาสูบมากกว่าร้อยละ 90 เป็นบุหรี่รสอเมริกัน เนื่องจากยาสูบเบอร์เลย์มีคุณสมบัติเหมาะสม คือ มีน้ำหนักเบา โครงสร้างโปร่ง ดูดซับน้ำหอมน้ำปรุงได้ดี คุณภาพการบรรจุดี (Filling value) และการเผาไหม้ดี ปริมาณการใช้ใบยาในประเทศปีการผลิตที่ 2554 ได้ใช้ใบยาเบอร์เลย์ในการผลิตบุหรี่ถึง 7.94 ล้านกิโลกรัม ดังนั้นยาสูบเบอร์เลย์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการผลิตเป็นบุหรี่ของโรงงานยาสูบ ประเทศไทยมีการเพาะปลูกยาสูบเบอร์เลย์กันมากที่จังหวัดสุโขทัย และจังหวัดเพชรบูรณ์ พันธุ์ที่มีการส่งเสริมให้ปลูกได้แก่พันธุ์ Burley 21, Ky 14 และพันธุ์ Burley 1 special (B1SP) ซึ่งให้ผลผลิตใบยาแห้งเฉลี่ย 300 ถึง 400 กิโลกรัมต่อไร่ ฤดูกาลเพาะปลูกเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ พันธุ์ยาสูบเบอร์เลย์ที่ใช้ในการส่งเสริมของโรงงานยาสูบ ใช้ปลูกกันมาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2502 จนถึงปัจจุบัน โดยไม่ได้มีการปรับปรุงพันธุ์ยาสูบแต่อย่างใด (สำนักงานยาสูบเพชรบูรณ์, 2544) การปรับปรุงพันธุ์ยาสูบที่จะประสบผลสำเร็จนั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลการศึกษาเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการรวบรวมพันธุ์ยาสูบจากแหล่งเพาะปลูกทุกพื้นที่ เพื่อศึกษาลักษณะทางพืชไร่ องค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ในใบยาแห้ง ผลผลิตและคุณภาพ รวมถึงการศึกษาลักษณะทางโมเลกุลเครื่องหมายเพื่อให้ทราบถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมของยาสูบเบอร์เลย์ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในโครงการการปรับปรุง และพัฒนาพันธุ์ยาสูบเบอร์เลย์ให้ประสบผลสำเร็จในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ยาสูบที่สามารถรวบรวมพันธุ์ได้ทั้งหมด 39 พันธุ์ ได้แก่ Ky 9,TN 89, Ky 908, Ky 15, TN 97, Ky 10, NC 6, TN 90, Ky 907, B1 SP, Va 509, Burley 21, Ky 14, Ky 8959, Ky 14 X B1SP, HB4488P ,พันธุ์ ป่าแดง, หูฉลาม, มูเซอร์, เพชรแข้งสิงห์, ยาดง 6, บายศรี, พับคำ, ยาดง 5, เมืองนคร 2, เพชรบูรณ์, ป่าสักลิ้นช้าง, แม่หอพระ, ม้าลาย, ช่อแล, อีดำ,พันธุ์ *N. glutinosa, N. phumbaginifollia, N. glauca, N. excelsior, N. amplexiculis, N. magalosiphon, N. maritima* และ *N. synvestris* การสกัดดีเอ็นเอจากใบยาสูบได้ดัดแปลงจากกรรมวิธีของ Doyle และ Doyle (1987) การตรวจสอบและปริมาณของ genomic DNA โดยการผ่านอีเล็กโทรโพริซิสในวุ้นอะกาโลสความเข้มข้น 1% แล้วย้อมด้วยเอธิเดียมโบไมท์ ส่องดูภายใต้แสงอัลตร้าไวโอเลต ด้วยเครื่อง UV Trans illumination เปรียบเทียบกับขนาดของแถบดีเอ็นเอมาตรฐาน 10 bp Ladder Plus บันทึกภาพแถบดีเอ็นเอด้วยกล้อง Digital Gel Doc.

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์ยาสูบด้วยโมเลกุลเครื่องหมาย SSRs 20 ชนิด (ตำแหน่ง) ซึ่งครอบคลุมบนชุดโครโมโซมทั้ง 48 แท่ง (molecular linkage group, MLGs) ของยาสูบเพราะจากการศึกษาของ (Moon และคณะ, 2009) พบว่าให้ผลการทดลองที่ชัดเจนสำหรับตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมยาสูบ (Davalieva และคณะ, 2010) DNA ของยาสูบทั้ง 39 พันธุ์นำมาเพิ่มจำนวนด้วยเครื่อง PCR การตรวจสอบแถบ DNA บนเจลอะกาโลส ความเข้มข้น 3% ในเครื่อง electrophoresis แล้วย้อมด้วย Ethidium bromide โดยเปรียบเทียบกับดีเอ็นเอมาตรฐาน (100 bp DNA Ladder, Bioscience) แล้วบันทึกภาพด้วยกล้อง Digital Gel Doc. การวิเคราะห์จำนวนอัลลีล และความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของยาสูบ ดำเนินการโดยนำแถบดีเอ็นเอที่สังเคราะห์ได้แล้วถ่ายภาพ มาวิเคราะห์ขนาดด้วยการเปรียบเทียบกับแถบดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA Ladder) โดยการบันทึกข้อมูลจากการปรากฏ และไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอของยาสูบทั้ง 39 พันธุ์ ซึ่งเป็นผลจากการใช้ SSRs primer แต่ละชนิด และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NTSYS เพื่อหาสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงทางพันธุกรรม (similarity coefficient) แล้วสร้างแผนภูมิเดนโดรแกรม (dendrogram) โดยใช้ Unweighted Pair Group Method Arithmetic Average (UPGMA) เพื่อจัดแบ่งกลุ่มพันธุ์ยาสูบที่แตกต่างกันทางพันธุกรรม

ผลการทดลอง

ผลการใช้ SSR primers ทั้ง 20 ตำแหน่งหรือชนิด พบว่ามีจำนวน SSR primers 13 ชนิดที่ทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอ (polymorphism) ที่กระจายอยู่บนโครโมโซมทั้ง 48 แท่ง (48 Molecular Linkage Group, MGLs) คิดเป็น 65 เปอร์เซ็นต์ของ SSR primer ทั้งหมด แถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นทั้งหมดมี 60 แถบหรือตำแหน่ง (polymorphic alleles) ของยาสูบทั้ง 39 พันธุ์ จำนวนแถบดีเอ็นเอที่เกิดต่อไพรเมอร์มีตั้งแต่ 3 ถึง 6 แถบ (alleles) คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3 แถบดีเอ็นเอต่อไพรเมอร์ SSR primers ที่ทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอ 6 แถบ ได้แก่ NBS 141,NBS 148, NBS 224, NBS 226 และ NBS 271 (Figure 1) ส่วน SSR primers

ทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอ 3 แถบ ได้แก่ NBS 155, NBS 162, NBS 191, NBS 267และ NBS 329 การใช้ SSR primers ต่างชนิดกันทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันในท่ามกลางยาสูบทั้ง 39 พันธุ์ บางพันธุ์อาจมีความเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกันของแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏ ค่าความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมของยาสูบทั้ง 39 พันธุ์ ดูได้จากค่า Similarity coefficient ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.057 ถึง 0.857 แสดงให้เห็นว่า การใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSRs สามารถบ่งบอกความหลากหลาย ความแตกต่างทางพันธุกรรมของพันธุ์ยาสูบทั้ง 39 พันธุ์ได้ดี ยาสูบบางพันธุ์มีความคล้ายคลึงกันมากเช่น พันธุ์ Ky 9 กับ TN 89 พันธุ์ B1SP กับพันธุ์ Va 509 และ Burley 21 พันธุ์แม่หอพระ กับพันธุ์ม้าลาย และพันธุ์ช่อแล เป็นต้น ในทางตรงกันข้ามพันธุ์ที่มีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมค่อนข้างมากได้แก่ พันธุ์ Ky 9 กับ HB4488P พันธุ์ NC 6 กับพันธุ์บายศรี พันธุ์ TN 90 กับพันธุ์อีดำ เป็นต้น เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนหรือความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมมาจัดกลุ่ม (cluster analysis) ทำให้สามารถจัดแบ่งกลุ่มพันธุ์ยาสูบได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ (Figure 2) โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยพันธุ์ยาสูบการค้าทั้งหมด 16 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์ Ky 9,TN89, Ky 908, Ky 15,TN 97, Ky 10, NC 6, TN 90, Ky 907, B1SP, Va 509, Burley 21, Ky 14, Ky 895, Ky 14 X B1SP และ HB4488P ส่วนกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยพันธุ์ยาสูบพันธุ์พื้นเมือง 15 พันธุ์ ได้แก่พันธุ์ ป่าแดง, หูฉลาม, มูเซอร์, เพชรแข้งสิงห์, ยาดง 6, บายศรี, พับคำ, ยาดง 5, เมืองนคร 2, เพชรบูรณ์, ป่าสักลิ้นช้าง, แม่หอพระ, ม้าลาย, ช่อแล และ อีดำ กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยพันธุ์ยาสูบป่า 8 พันธุ์ได้แก่พันธุ์ *N. glutinosa, N. phumbaginifollia, N. glauca, N. excelsior, N. amplexiculis, N. magalosiphon, N. maritima* และ *N. synvestris*

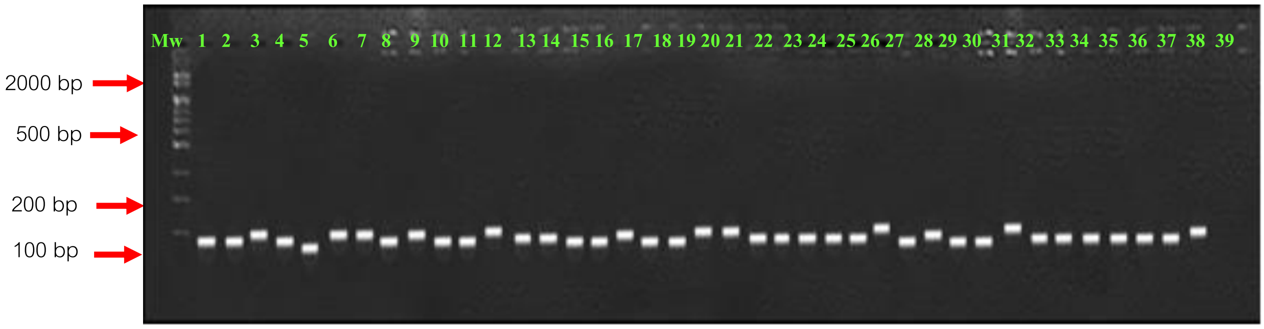


Figure 1 The simple sequence repeat (SSRs) profile of 39 tobacco genotypes using the NBS 148 primer pair, Lane Mw, Molecular weight marker (100+2000 bp DNA ladder)

Remarks 1 = Ky 9, 2 = TN 89, 3 = Ky 908, 4 = Ky 15, 5 = TN 97, 6 = Ky 10, 7 = NC 6, 8 = TN 90, 9= Ky 907, 10 = B1SP, 11 = Va 509, 12 = Burley 21, 13 = Ky 14,14 = Ky 8959, 15 = Ky 14 X B1SP, 16 = HB4488P ,17 = พันธุ์ ป่าแดง, 18 = หูฉลาม,19 = มูเซอร์, 20 = เพชรแข้งสิงห์, 21 = ยาดง 6, 22 = บายศรี, 23 = พับคำ, 24 = ยาดง 5, 25 = เมืองนคร 2, 26 = เพชรบูรณ์, 27 = ป่าสักลิ้นช้าง, 28 = แม่หอพระ,29 = ม้าลาย,30 = ช่อแล, 31 = อีดำ, 32 = พันธุ์ *N. glutinosa*, 33 = *N. phumbaginifollia*, 34 = *N. glauca*, 35 = *N. excelsior*, 36 = *N. amplexiculis*, 37 = *N. magalosiphon*, 38 = *N. maritima* และ 39 = *N. synvestris*

ผลของการใช้ SSRs primer ชนิด NBS 148 กับยาสูบทั้ง 39 พันธุ์ทำให้เกิดแถบ DNA ที่มีความแตกต่างกัน 6 polymorphic alleles โดยที่ดีเอ็นเอทั้งหมดมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 100 ถึง 200 bp. (Figure 1)

วิจารณ์ผล

พันธุ์ยาสูบโดยเฉพาะยาสูบเบอร์เลย์ที่ชาวไร่นิยมปลูกมากที่สุดในจังหวัดสุโขทัย และเพชรบูรณ์คือพันธุ์บายศรี และพันธุ์ Ky 14 ซึ่งพันธุ์บายศรีเป็นยาสูบพันธุ์พื้นเมืองที่คัดเลือกและขยายเมล็ดพันธุ์โดยชาวไร่ ปลูกต่อกันมานานกว่า 15 ปี สาเหตุเพราะให้ผลผลิตและคุณภาพใบยาสูบดีมาก ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้กว้างขวาง ส่วนพันธุ์ Ky14 เป็นพันธุ์ที่โรงงานยาสูบแนะนำส่งเสริมให้ชาวไร่ยาสูบปลูกมานานกว่า 50 ปี แม้ว่าทางบริษัทยาสูบภาคเอกชนได้พยายามแนะนำยาสูบพันธุ์ใหม่ให้ชาวไร่ปลูกเช่นพันธุ์ NC 6 และ HB4488P แต่ชาวไร่ก็ยอมรับไม่มากเท่าใด ผลของการอาศัยเทคนิคโมเลกุลเครื่องหมาย SSRs Marker ทั้ง 20 เครื่องหมาย ทำให้ทราบถึง ความหลากหลายทางพันธุกรรมของยาสูบทั้ง 39 พันธุ์ สามารถแบ่งแยกยาสูบออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ 1. กลุ่มพันธุ์การค้า ซึ่งทั้ง 16 พันธุ์ปรับปรุงและคัดเลือกพันธุ์มาจากต่างประเทศ (อเมริกา) 2. กลุ่มพันธุ์พื้นเมืองมีทั้งหมด 15 พันธุ์ซึ่งคัดเลือกและขยายเมล็ดพันธุ์โดยภูมิปัญญา และประสบการณ์ของชาวไร่ยาสูบและปลูก ปรับตัวเข้ากับพื้นที่ปลูกของเกษตรกรเอง และ 3. กลุ่มยาสูบพันธุ์ป่าที่ถูกนำมาจากต่างประเทศเพื่อใช้เป็นเชื้อพันธุกรรมสำหรับโครงการปรับปรุงพันธุ์ยาสูบของสถานีทดลองยาสูบแม่โจ้ เชียงใหม่ ยาสูบทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกันทางพันธุกรรม ดังนั้นโครงการปรับปรุงพันธุ์ยาสูบในอนาคตน่าจะมีโอกาสประสบผลสำเร็จมากกว่าในอดีตโดยเลือกพันธุ์พ่อแม่ที่มี

ความแตกต่างห่างไกลกันทางพันธุกรรมมากเป็นคู่ผสมพันธุ์กันเช่น พันธุ์บายศรี (พันธุ์แม่) กับพันธุ์ Ky14 ,TN90 หรือ TN89 (พันธุ์พ่อ) พันธุ์NC6 หรือ HP4488P (พันธุ์แม่) กับพันธุ์บายศรี (พันธุ์พ่อ) เป็นต้น ด้วยความจำกัดด้วยปริมาณงบประมาณวิจัย จำต้องเลือกใช้ SSRs primers เพียง 20 ชนิด และมีถึง 13 primers ที่ทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันมากถึง 60 แถบจาก ยาสูบทั้ง 39 พันธุ์ ซึ่งผลการทดลองก็สอดคล้องกับ Bindler และคณะ (2007) ที่เลือกใช้ SSRs มากถึง 637 ชนิด ดังนั้น SSRs Marker จึงเป็นวิธีทางโมเลกุลเครื่องหมายที่ได้รับการยอมรับว่ามีความสะดวก รวดเร็ว และบ่งชี้ถึงความแม่นยำของการจำแนกความหลากหลายทางพันธุ์กรรมของพืชและสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะลักษณะทางปริมาณ (Quantitative traits) ซึ่งถูกควบคุมด้วยยีนส์หลายตำแหน่ง หลายชนิด หรือแม้กระทั่งยีนส์ที่มีลักษณะแบบข่มร่วม (co-dominant) เช่นเดียวกับผลงานของ Moon และคณะ (2009) และ Denduangboripant และคณะ (2010) ผลการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่าพันธุ์ยาสูบที่มีถิ่นกำเนิดจากต่างประเทศโดยเฉพาะจากอเมริกานั้นมีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมกับยาสูบพันธุ์พื้นเมืองของประเทศไทย และยาสูบพันธุ์ป่า ดังนั้นคู่ผสมสำหรับโครงการปรับปรุงพันธุ์ยาสูบในอนาคตควรเกิดจากยาสูบที่มาจากถิ่นกำเนิดที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามยังต้องการสำรวจ รวบรวมพันธ์ การแลกเปลี่ยนเชื้อพันธ์กันระหว่างประเทศ ทั้งนี้เพื่อให้มีความหลากหลายทางพันธกรรม

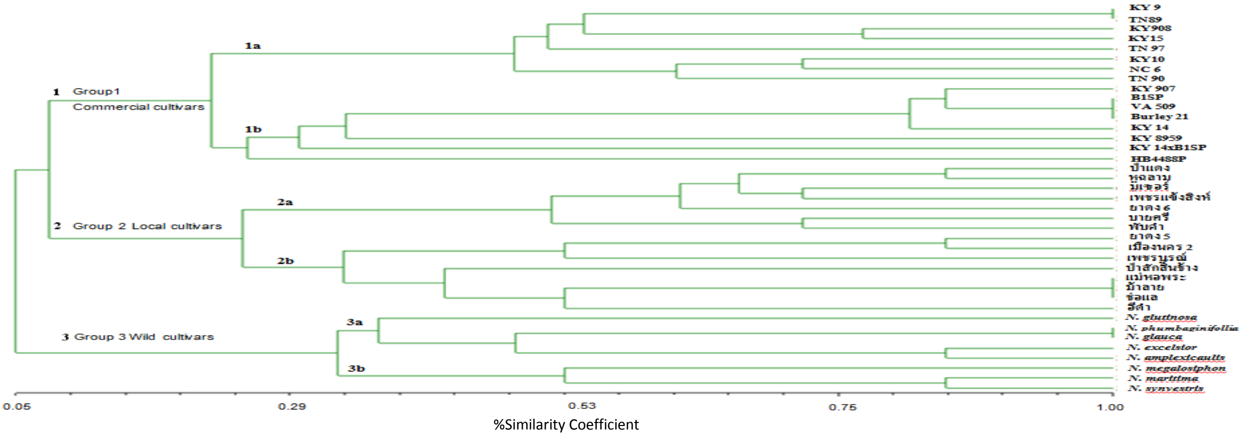


Figure 2 The dendrogram (UPGMA) in 39 tobacco genetic materials analyzed by SSRs Marker, which separated into three distinct group; cultivated cultivars, local cultivars and wild cultivars

สรุปผล

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมยาสูบทั้ง 39 พันธุ์โดยอาศัยเทคนิคโมเลกุลเครื่องหมาย SSRs Marker พบว่ามีไพรเมอร์มากถึง 13 ชนิดจากทั้งหมด 20 ชนิดที่สามารถทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันถึง 60 แถบหรือ polymorphic alleles ค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมมีค่าอยู่ในช่วง 0.057 ถึง 0.857 และเมื่อจัดกลุ่มด้วยวิธี UPGMA ทำให้แบ่งกลุ่มพันธุ์ยาสูบออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ โดยแต่ละกลุ่มยังสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้อีกตามค่า Similarity coefficient ผลของการศึกษาทำให้เป็นประโยชน์สำหรับโครงการปรับปรุงพันธุ์ยาสูบในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

โรงงานยาสูบ, 2554, รายงานประจำปีโรงงานยาสูบ, กระทรวงการคลัง, กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานไร่ยาสูบเพชรบูรณ์, 2544, คู่มือการปลูกยาสูบเบอร์เลย์, เอกสารวิชาการกองจัดหาใบยา, 212 หน้า.

Bindler, G., van der Hoeven, R., Gunduz, I., Plieske, J., Ganal, M., Rossi, L., Gadani, F. and Donini, P., 2007, A Microsatellite Marker Based Linkage Map of Tobacco, Theory Applied Genetics Journal, 44: 341-349.

Davalieva, K., Maleva, I., Filiposki, K., Spiroski, O. and Efremov, G.D., 2010, Genetic Variability Macedonian Tobacco Varieties Determined by Microsatellite Marker Analysis, Diversity, 2: 439-449.

Denduangboripant, J., Piteekan, T. and Nantharat, M., 2010, Genetic Polymorphism between Tobacco Cultivar Groups Revealed by Amplified Fragment Length Polymorphism Analysis, Journal of Agricultural Science, 2: 28-41.

Doyle, J.J. and Doyle, J.L., 1987, A Rapid DNA Isolation Procedure for Small Quantities of Fresh Leaf Tissue, Phytochemical Bulletin, 19: 11-15.

Moon, H.S., Nifong, J.M., Nichoson, A., Lion, K., Hayes, A.J. and Lewis, R.S., 2009, Microsatellite Based Analysis of tobacco (*Nicotinium tabacum* L.) Genetic resources, Crop Science. 49: 2149-2159.

การผลิตไบโอดีเซลจากเปลือกทิวมะพร้าว โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO จากเปลือกหอยแครง

Biodiesel Production from Coconut Oil Using CaO of Waste Cockle Shell as a Catalyst

ศิริวัฒนา หัทสนธ์[1] รัตนชัย ไพรินทร์[1] และ คณิต กฤษณังกูร[1]
Hatthason, S.[1], Pairintra, R.[1] and Krisnangkura, K.[1]

Abstract

Most of the biodiesel are produced via tranesterification using a heterogeneous catalyst. The advantage of heterogeneous catalysts is that there are reusable and less amount wastewater from the washing process. Futhermore, it is environmentally friendly. The aim of this research is to study the transesterification reaction of methanol with coconut oil to produce biodiesel using CaO from waste cockle shells as a solid base catalyst. Coconut oil was extracted from the coconut flesh or endosperm wastes as a raw material. The catalyst of the reaction was taken from waste cockle shells. Cockle shells were burnt at 1,300°C for 4 hr. Catalysts were varied from 1, 2 and 3, the methanol/oil molar ratios were varied from 6:1, 9:1 and 12:1, the reaction temperatures were 50, 55 and 60°C and the reaction times were 0.5, 1, 1.5 and 2 hr. The result showed that, the most suitable conditions were catalysts at 3%w/v, the methanol/oil molar ratio of 12:1, and the reaction temperature, of 60°C for 2 h. which obtained methyl ester at 99.5%. CaO still had activity even after being repeatedly used for 1 cycle which resulted in the yield percent of 88.3%. Analysis of the properties of the biodiesel passed the standard of ASTM D6751 and EN 14214.
Keywords: biodiesel, transesterification, catalyst

บทคัดย่อ

การผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากเนื่องจากสามารถนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ใหม่ได้และสามารถแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่าย ลดการเกิดน้ำเสียในกระบวนการล้างผลิตภัณฑ์จึงมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้น้ำมันมะพร้าวที่สกัดจากเปลือกทิวมะพร้าว (endosperm) ซึ่งเป็นส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปมะพร้าวขาวของเกษตรกร ทำปฏิกิริยากับเมทานอล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยแครงซึ่งผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,300°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อร้อยละเมทิลเอสเทอร์ได้แก่ ตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1, 2 และ 3 สัดส่วนโมลของเมทานอลกับน้ำมันที่ 6:1, 9:1 และ12:1 อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาที่ 50, 55 และ 60°C และเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่ 0.5, 1,1.5 และ 2 ชั่วโมง พบว่า สภาวะการทดลองที่เหมาะสมที่สุด คือ การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล สัดส่วนโมลของเมทานอลกับน้ำมันที่ 12:1 อุณหภูมิการทำปฏิกิริยา 60°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ 99.5% และจากการทดสอบการใช้ซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าสามารถนำกลับมาใช้งานซ้ำได้จำนวน 1 ครั้ง ให้ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ 88.3% เมื่อนำเมทิลเอสเทอร์เทียบกับมาตรฐาน ASTM D6751 และ EN 14214 พบว่า มีสมบัติผ่านตามมาตรฐาน
คำสำคัญ: ไบโอดีเซล ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ตัวเร่งปฏิกิริยา

คำนำ

ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากพืชน้ำมัน ไขมันสัตว์ และน้ำมันพืชใช้แล้ว โดยมีชื่อทางเคมีคือ เอสเทอร์ (ESTER) การเรียกชื่อนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (Gerpen, 2005) โดยนำมาผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อเปลี่ยนให้มีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล คือ ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์ เช่น เอทานอล หรือเมทานอล และใช้กรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้อุณหภูมิสูง เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ให้อยู่ในรูปของเอทิลเอสเทอร์ (Ethyl ester) หรือ เมทิลเอสเทอร์ (Methyl ester) ซึ่งการผลิตไบโอดีเซลนั้นได้

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

กลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้ สำหรับประเทศไทยนั้นมีการเพาะปลูกพืชน้ำมันหลายชนิด ได้แก่ ปาล์ม สบู่ดำ และ มะพร้าว อย่างไรก็ตามการผลิตพลังงานจากพืชจะพบปัญหาด้านราคาวัตถุดิบ ปัญหาด้านความเพียงพอของวัตถุดิบ และการเลือกชนิดพืชน้ำมัน ดังนั้นเปลือกทิวมะพร้าวจึงเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจเป็นอย่างมากเพราะเป็นส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปมะพร้าวขาวของเกษตรกร เนื่องจากวัตถุดิบที่ดีในการผลิตไบโอดีเซลนั้นควรเป็นพืชที่มนุษย์ไม่สามารถบริโภคได้ มีปริมาณวัตถุดิบมาก และใช้ระยะเวลาพื้นที่ในการเพาะปลูกไม่มากเกินไป เพื่อให้เกิดความเป็นไปได้และคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงสุดในการนำพืชน้ำมันนั้นมาผลิตไบโอดีเซล (กระทรวงพลังงาน, 2547) การผลิตไบโอดีเซลเพื่อเป็นพลังงานทดแทนนั้นมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มผลผลิตและร้อยละเมทิลเอสเทอร์ โดยทั่วไปนิยมใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธุ์พันธุ์ (Homogeneous catalysts) เนื่องจากมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา แต่อย่างไรก็ตามก็มีข้อเสียเนื่องจากน้ำเสียในขั้นตอนการล้างตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์ (Vicente และคณะ, 2004) ดังนั้นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ (Heterogeneous catalysts) จึงเป็นอีกทางเลือกที่ได้รับความสนใจเนื่องจากสามารถแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่าย และลดปริมาณน้ำเสียในกระบวนการล้างผลิตภัณฑ์ทำให้ช่วยลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ที่นิยมใช้ ได้แก่ สารประกอบโลหะอัลคาไลน์เอิร์ท (Alkaline-earth metal compound) เช่น SrO, SrO/MgO และ CaO ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นจากน้ำมันมะพร้าวที่สกัดจากเปลือกทิวมะพร้าว โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยแครง ซึ่งเป็นส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการ รวมทั้งช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมี ลดต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซล และ ลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม (Gryglewicz, 1999)

อุปกรณ์และวิธีการ

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเปลือกทิวมะพร้าว โดยใช้ Moisture analyzer (%moisture) ชั่งตัวอย่างเปลือกทิวมะพร้าว 1 กรัม ลงในภาชนะ ชั่งน้ำหนักตัวอย่างและภาชนะ อบใน hot air oven อุณหภูมิ 105°C เวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาวางตัวอย่างให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนักตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างอบต่อใน hot air oven เป็นเวลา 30 นาที และชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ ทำซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ โดยผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งไม่เกิน 0.05 กรัม และนำน้ำหนักค่าที่คงที่มาคำนวณหาความชื้น

การสกัดน้ำมันมะพร้าว ใช้การสกัดโดยวิธีการใช้ตัวทำละลาย (Solvent extraction)นำตัวอย่างเปลือกทิวมะพร้าวที่นำมาบด ชั่งน้ำหนัก 200 กรัม แช่ในตัวทำละลายเฮกเซน ในอัตราส่วนพืชต่อตัวทำละลาย 1:2 ปิดปาก flask ให้สนิทด้วยกระดาษอะลูมิเนียม แช่ทิ้งไว้นาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง แล้วกรองนำกากออกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำไประเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง vacuum rotary evaporator เก็บน้ำมันมะพร้าวที่ได้ไว้ในขวดสีชา

การตรวจสอบค่ากรดไขมันอิสระด้วยวิธีไตเตรท ชั่งตัวอย่างน้ำมันมะพร้าว 7 กรัมลงในขวดรูปชมพู่ เติมเอทานอลร้อน 75 มิลลิลิตร และ Phenolphthalein 2 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.25 นอร์มัล เขย่าให้เข้ากันจนได้สารละลายสีชมพูที่คงตัวนาน 30 วินาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ พร้อมทั้งทำ Blank โดยใช้ตัวอย่างที่ไม่เติมน้ำมันและไตเตรทเช่นเดียวกับข้างต้นที่กล่าวมา จากนั้นคำนวณในรูปของกรด lauric

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา CaO จากเปลือกหอยแครง นำเปลือกหอยแครงมาล้างทำความสะอาดเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ แล้วนำไปอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียด แล้วร่อนด้วยตะแกรง 60 mesh ได้ตัวอย่างที่เป็นผงละเอียด นำตัวอย่างที่ได้ไปเผาที่อุณหภูมิ 1,300°C เวลา 4 ชั่วโมง เพื่อไล่คาร์บอนไดออกไซด์ออก ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO)

การนำตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยแครงที่ผ่านการใช้งานแล้วกลับมาใช้ใหม่ นำตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ทำการใช้งานแล้วในการผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันกลับมาใช้ใหม่โดยตรง (Direct reuse)

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว ทำการกระตุ้นตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง โดยนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์กวนผสมกับเมทานอล ทำให้แคลเซียมออกไซด์เปลี่ยนเป็นแคลเซียมเมทอกไซด์ จากนั้นเติมน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้ ลงไปกวนทำปฏิกิริยาในสภาวะที่ทำการศึกษา ทำการหยุดปฏิกิริยาด้วยกรดอะซิติก และแยกไบโอดีเซลและตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ออก แล้ววัดค่า pH เท่ากับ 7

การวิเคราะห์ร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์ โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยใช้คอลัมน์ชนิด Phenogel ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 7.8 มิลลิเมตร ความยาว 300

มิลลิเมตร ขนาดบรรจุอนุภาค 5 ไมโครเมตร ความพรุน 100°A ใช้เครื่องตรวจวัดชนิด Evaporative Light Scattering Detector (ELSD)

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ รุ่น GC-2010 ใช้เครื่องตรวจวัดชนิด FID ต่อพ่วงกับเครื่องประมวลผล CBM-102 โดยใช้คอลัมน์ RTX-2330 (90% Bis-Cyanopropyl, 10% Cyanopropyl polysiloxane) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร โดยใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สตัวพา ระบบฉีดสารแบบแบ่งส่วน 50:1 อุณหภูมิของอินเจคเตอร์ และส่วนตรวจวัดเท่ากับ 250°C ส่วนเตาอบตั้งค่าอุณหภูมิ 180°C นำตัวอย่างกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ละลายในเฮกเซน ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ แล้วพิสูจน์เอกลักษณ์ของกรดไขมัน โดยเทียบจากค่าเวลาคงค้าง (Retention Time; t_R) ของสารมาตรฐาน และคำนวณสัดส่วนร้อยละขององค์ประกอบจากพื้นที่ใต้พีคของสารแต่ละชนิด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเปลือกทิวมะพร้าว พบว่ามีความชื้นอยู่ที่ 1.45 เปอร์เซ็นต์ จากการนำวัตถุดิบสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนมีร้อยละปริมาณน้ำมันอยู่ที่ 51 และมีค่ากรดไขมันอิสระ 3.1 จากนั้นศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ และสภาวะที่เหมาะสมที่มีผลต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ ซึ่งแสดงผลการทดลองในรูปแนวโน้มของปริมาณร้อยละขององค์ประกอบของเมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์ (Methyl ester content, %FAME) พบว่า สัดส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันมีผลช่วยให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นที่ 6:1, 9:1และ 12:1 สามารถช่วยเพิ่มปริมาณเมทิลเอสเทอร์ได้สูงสุดถึง 91.1%, 94% และ 99.5% อิทธิพลของอุณหภูมิมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเมทิลเอสเทอร์ จากการทดลองที่อุณหภูมิ 50 และ 55°C ซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยแครงร้อยละ 3% (w/v) เมทิลเอสเทอร์นั้นจะแปรผันตามการเพิ่มของอุณหภูมิ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60°C เกิดปฏิกิริยาได้ดีอย่างชัดเจน โดยมีปริมาณเมทิลเอสเทอร์มากกว่า 99% ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นนั้นเป็นปฏิกิริยาที่สามารถผันกลับได้ เมื่อปฏิกิริยาสู่สภาวะสมดุลแล้วปฏิกิริยามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ (Kim และคณะ, 2004) จากการทดลองเพิ่มเวลาจาก 0.5, 1, 1.5 จนถึง 2 ชั่วโมง ส่งผลทำให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้สารตั้งต้นกลายเป็นเมทิลเอสเทอร์ 99.5% จากการศึกษาตัวเร่งที่เป็นของแข็งในปฏิกิริยาอาจทำให้เกิดอุปสรรคในด้านของการกระจายตัวอย่างทั่วถึง และอาจส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยาเกิดยากขึ้นได้ อีกทั้งปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่มากขึ้น ส่งผลให้ความหนืดของของผสมเพิ่มขึ้นทำให้ไปลดการถ่ายเทมวลสารตั้งต้นเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาบนพื้นผิวตัวเร่งปฏิกิริยา (Liu และคณะ, 2008) ดังนั้นการศึกษาปัจจัยของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก จากการทดลองพบว่า CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยแครงร้อยละ 1, 2 และ 3 %w/v สัดส่วนโมลของเมทานอลกับน้ำมันที่ใช้ในช่วง 12:1 อุณหภูมิ 60°C เวลา 2 ชั่วโมง พบว่าให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ 86.7, 94 และมากกว่า 99% ตามลำดับ (Figure 1)

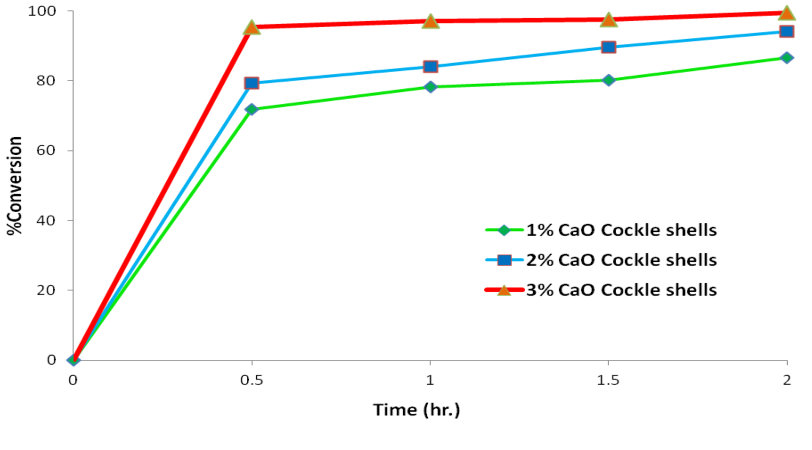


Figure1 Effect of CaO Cockle shells 1, 2 and 3%, molar ratio 12:1, Temp 60°C, Time 2 hr

จากการใช้ซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยแครง จำนวน 4 ครั้ง พบว่าปริมาณเมทิลเอสเทอร์มีแนวโน้มที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน อาจเนื่องมาจาก ขั้นตอนการแยกตัวเร่งปฏิกิริยาที่ต้องผ่านการกรอง และการล้างด้วยเมทานอลในแต่

ละครั้งของการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันจึงทำให้เกิดการสูญเสียตัวเร่งปฏิกิริยา และสามารถนำกลับมาใช้งานซ้ำได้จำนวน 1 ครั้ง ให้ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ 88.3% (Figure 2)

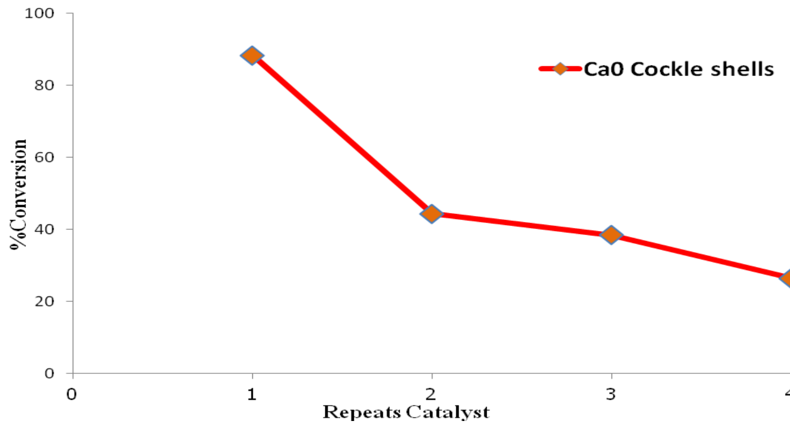


Figure2 Effect of Repeat Catalysts CaO Cockle shells 3%, Molar ratio 12:1, Temp 60°C, Time 2 hr

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันมะพร้าวโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยแครงที่ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล อุณหภูมิ 60°C โมลของเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 12:1 เวลา 2 ชั่วโมง เป็นช่วงที่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์ 99.5 และการนำตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยแครงกลับมาใช้ซ้ำโดยตรงด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน สามารถนำกลับมาใช้งานซ้ำได้จำนวน 1 ครั้ง ให้ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ 88.3% ซึ่งมีแนวโนวลดลงของร้อยละเมทิลเอสเทอร์จากการใช้ซ้ำ

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น, รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีไขมัน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน, 2547, ไบโอดีเซลน้ำมันเชื้อเพลิงจากพืช, Energy Plus, 1: 16-21.

Gerpen, J.V., 2005, Biodiesel Processing and Production, Fuel Processing Technology, 86: 1097-1107.

Gryglewicz, S., 1999, Rapeseed Oil Methyl Esters Preparation using Heterogeneous Catalysts, Bioresource Technology, 70: 249-253.

Liu, X., He, H., Wang, Y., Zhu, S. and Piao, X., 2008, Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel using CaO as a Soil Base Catalyst, Fuel, 87: 216-221.

Vicente, G., Martinez, M. and Aracil, J., 2004, Integrated Biodiesel Production: a Comparison of Different Homogeneous Catalysts Systems, Bioresource Technology, 92: 297-305.

Kim, H.J., Kang, B.S., Kim, M.J., Park, Y.M., Kim, D.K., Lee, J.S., and Lee, K.Y., 2004, Transesterification of Vegetable Oil to Biodiesel using Heterogeneous Base Catalyst, Catalysis Today, 315–320.

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 365-368 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 365-368 (2556)

การโคลนและการวิเคราะห์ลำดับเบสของยีน Chitinase และ β-1,3-Glucanase ในพริก

Cloning and Sequence Analysis of Chitinase and β-1,3-Glucanase Genes in Chilli

เยาวภา บุญเอก[1] มัณฑนา บัวหนอง[1] กุลนาถ อบสุวรรณ[2] เฉลิมชัย วงษ์อารีย์[1] และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1]

Boon-ek, Y.[1], Buanong, M.[1], Obsuwan, K.[2], Wongs-aree, C.[1] and Jitareerat, P.[1]

Abstract

Chili is an important economic plant of Thailand, which have been produced for consumption in domestic and also exporting. A major problem of chili cultivation is the infection of *Collectotrichum* spp., the causal agents of anthracnose. Therefore, the study of the expression of genes associated with plant defense is required for screening the chili varieties which resist to this disease. Thus, this research aimed to clone and analyze the sequence of chitinase (*Chi*) and beta-1,3-glucanase (*Glu*) genes from Chili (*Capsicum annuum*) cv. CA1131. Both enzymes have been known to play a role in plant self defense from fungal invasion. The results revealed that uses of Chi-F: 5'-CGGATGCTGAGTTTTAGG-3' and Chi-R: 5'-CCCCTTATTTATTACTGTCATCTCC-3' or Glu-F: 5'-GCTAGGGAACAACTTGCCACCAGCATCAC-3' and Glu-R: 5'-CTATCAGAAAACCCAAAGTTGAGTGG-3' as the primers were suitable for amplifying *Chi* and *Glu* genes respectively. The partial sequences of chili *Chi* and *Glu* genes were length of 980 and 665 bp respectively. Homology search of *Chi* and *Glu* sequences with gene bank (DDBJ) showed that they were 99.2 and 94.9% identity with *Chi2* (accession no. AY775335) and *beta-1,3-Glu* (accession no. AF227953) of *C. annuum* respectively.

Keywords: plant defense mechanism, anthracnose disease, *Colletotrichum* spp.

บทคัดย่อ

พริกเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีการผลิตเพื่อบริโภคภายในและส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศ แต่ปัญหาที่สำคัญในการปลูกพริกคือการเข้าทำลายของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ที่เป็นสาเหตุของโรคแอนแทรกโนส ดังนั้นในการศึกษาการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรคของพริกแต่ละพันธุ์จึงมีความจำเป็นเพื่อใช้ในการคัดเลือกพันธุ์พริกต่อไป ซึ่งงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อโคลนยีนและหาลำดับเบสของยีน chitinase (*Chi*) และ beta-1,3-glucanase (*Glu*) จากพริกพันธุ์ CA1131 (*Capsicum annuum*) ซึ่งเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดนี้มีบทบาทสำคัญในกระบวนการป้องกันตัวเองของพืชจากการเข้าทำลายของเชื้อรา ผลการศึกษาพบว่า Chi-F: 5'-CGGATGCTGAGTTTTAGG-3' กับ Chi-R: 5'-CCCCTTATTTATTACTGTCATCTCC-3' และ Glu-F: 5'-GCTAGGGAACAACTTGCCACCAGCATCAC-3' กับ Glu-R: 5'-CTATCAGAAAACCCAAAGTTGAGTGG-3' เป็นชุดไพเมอร์ที่เหมาะสำหรับการสังเคราะห์ยีน *Chi* และ *Glu* โดยยีน *Chi* และ *Glu* ที่สังเคราะห์ได้เป็นแบบ partial sequence โดยมีความยาว 980 และ 665 bp ตามลำดับ และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลใน GenBank พบว่ามีลำดับนิวคลีโอไทด์ที่เหมือนกับยีน *Chi2* (accession no. AY775335) และ *beta-1,3-Glu* (accession no. AF227953) ของ *C. annuum* ที่ identity เท่ากับ 99.2 และ 94.9% ตามลำดับ

คำสำคัญ: กระบวนการป้องกันตัวเองของพืช โรคแอนแทรคโนส เชื้อรา *Colletotrichum* spp.

คำนำ

พริกเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง แต่ปัญหาสำคัญที่สร้างความเสียหายให้กับผลผลิตพริกเป็นอย่างมากในระหว่างการเพาะปลูกคือโรคแอนแทรคโนส ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคทางพันธุวิศวกรรมเข้ามาช่วยในการคัดเลือกสายพันธุ์พืชที่ต้านทานโรค รวมถึงเพื่อศึกษาการตอบสนองของพืชต่อสิ่งกระตุ้น (elicitors) และความต้านทานโรคพืช Hong และคณะ (2000) พบว่า chitinase (*Chi*) และ beta-1,3-glucanase (*Glu*) ในพริกเป็น

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 10140

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

[2] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม 73000

[2] Department of Biology, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakorn Pathom 73000

เอนไซม์ที่สำคัญและมีบทบาทในกระบวนการป้องกันตัวเองของพืชจากการเข้าทำลายของเชื้อรา Van Loon (1999) พบว่าพืชสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคจะมีการแสดงออกของยีนทั้งสองชนิดนี้สูงกว่าพืชสายพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรค อย่างไรก็ตามการศึกษาการแสดงออกของยีนแต่ละชนิดจำเป็นต้องโคลนยีนที่สนใจและตรวจสอบความถูกต้องของลำดับนิวคลีโอไทด์ก่อน ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการโคลนยีนและหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *Chi* และ *Glu* ของพริก เพื่อนำไปใช้สำหรับตรวจสอบการแสดงออกของยีนทั้ง 2 ชนิดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำใบพริกพันธุ์ CA1131 มาสกัด total RNA ด้วยชุด InviTrap® Spin Universal RNA Mini Kit (Stratec molecular) ตรวจสอบความเข้มข้นและความบริสุทธิ์ของ RNA ด้วย Spectrophotometer ที่ค่าการดูดกลืนแสง 260 และ 280 nm ตามวิธีการของ Sambrook และ Russel (2001) วิเคราะห์คุณภาพของ RNA ด้วยเทคนิค Formaldehyde-Agarose gel electrophoresis และกำจัด DNA ออกจากตัวอย่าง total RNAโดยเติมเอนไซม์ RNase-free DNase I จากนั้นนำ total RNA ที่ได้มาทำ cDNA ด้วยชุด Thermo Scientific Verso™ (Thermo Fisher Scientific, USA) และเพิ่มปริมาณยีน *Chi* และ *Glu* โดยวิธี polymerase chain reaction (PCR) ไพรเมอร์ที่ใช้สำหรับเพิ่มปริมาณยีน *Chi* และ *Glu* คือ Chi-F (5’-CGGATGCTGAGTTTTAGG-3’) กับ Chi-R (5’-CCCCTTATTTATTACTGTCATCTCC-3’) และ Glu-F (5’-GCTAGGGAACAACTTGCCACCAGCATCAC-3’) กับ Glu-R (5’-CTATCAGAAAACCCAAGTTGAGTGG-3’) ตามลำดับ กำหนดโปรแกรมการทำ PCR ดังนี้ (1) Initial denaturation 94°C เวลา 3 นาที (2) Denaturation 94°C เวลา 30 วินาที (3) Annealing 55°C เวลา 30 วินาที extention 72°C เวลา 45 วินาที จำนวน 30 รอบ และ (4) Final extention 72°C เวลา 10 นาที แล้วนำ PCR product มาทำให้บริสุทธิ์ด้วยชุด PureLink® Quick Gel Extraction Kit (Invitrogen, USA) เชื่อมต่อชิ้น DNA ที่สกัดได้เข้ากับเวคเตอร์ PCR®2.1 (Invitrogen, USA) จากนั้นส่งถ่าย DNA สายผสมเข้าสู่ *E. coli* DH5α ด้วยวิธี heat shock คัดเลือกโคโลนีที่ได้รับพลาสมิดลูกผสมโดย Blue-white colony screening นำโคโลนีสีขาวที่ได้มาเพิ่มปริมาณในอาหาร Luria-Bertani Broth แล้วสกัดพลาสมิดจากเซลล์เจ้าบ้านด้วยวิธี Plasmid minipreparation (Sambrook และ Russel, 2001) ตรวจสอบโคลนที่มี DNA สายผสมโดยวิธี PCR และ Agarose electrophoresis และนำโคลนที่ได้ไปวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์และเปรียบเทียบนิวคลีโอไทด์ในฐานข้อมูล GenBank

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการโคลนยีน partial *Chi* และ *Glu* จากพริกพันธุ์ CA1131 พบว่าสามารถใช้ชุดไพรเมอร์ Chi-F/Chi-R และ Glu-F/Glu-R ในการเพิ่มปริมาณยีน *Chi* และ *Glu* จาก cDNA ของพริกได้ และเมื่อนำมาไปวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ พบว่ายีน *Glu* และ *Chi* ที่ได้มีความยาว 665 และ 980 bp (Figure 1, 2) ตามลำดับ และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ในฐานข้อมูล GenBank พบว่าลำดับนิวคลีโอไทด์ของ *Chi* ที่ได้จากการทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความเหมือน (%identity) กับยีน *Chi*2 ของพริก *C. annuum* (accession no. AY775335) สูงถึง 99.18% และลำดับนิวคลีโอไทด์ของ *Glu* ที่ได้จากการทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความเหมือน (%identity) กับนิวคลีโอไทด์ของพริก *Capsicum annuum* (accession no. AF227953) สูงถึง 94.89% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ายีน *Chi* และ *Glu* ที่โคลนได้ในการทดลองนี้เป็นยีน Chitinase และ Glucanase ของพริกจริง

```
AY775335    1441' CACAAAATAT TGGTTCAATT GTAACCAGGG ACTTGTTTGA ACGGATGCTG AGTTTTAGGA
                                                              ********** **********
Chi            1"                                             ACGGATGCTG AGTTTTAGGA

AY775335    1501' ACAACGCTGC ATGTCCTGGC AAGGGATTCT ACACTTATGA AGCATTCATA ACTGCAGCCA
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi           21" ACAACGCTGC ATGTCCTGGC AAGGGATTCT ACACTTATGA AGCATTCATA ACTGCAGCCA

AY775335    1561' ATTCCTTTCC AGCTTTTGGT ACTACCGGTG ATAATACTGC CCGTAAGAAA GAAGTTGCTG
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi           81" ATTCCTTTCC AGCTTTTGGT ACTACCGGTG ATAATACTGC CCGTAAGAAA GAAGTTGCTG

AY775335    1621' CCTTTTTTGG TCAAACTTCT CATGAAACTA ATGGTAATTC GGCTCATCCT ACTATCAGTG
                  ********** ********** ********** **********   ***** *   ****  ***
Chi          141" CCTTTTTTGG TCAAACTTCT CATGAAACTA ATGGTAATTC TTCTCATTCC TCTATTCGTG

AY775335    1681' TAATTTAACT TGTCGTACCA CGTTTCTAGG TTCATCATTC CACTTACTAA CAACATTTTA
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi          201" TAATTTAACT TGTCGTACCA CGTTTCTAGG TTCATCATTC CACTTACTAA CAACATTTTA

AY775335    1741' TCATATATAG TTATGTTCTA CGTGACATGA TCAATATAAT GTAAAATTGA AATCTATAAT
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi          261" TCATATATAG TTATGTTCTA CGTGACATGA TCAATATAAT GTAAAATTGA AATCTATAAT

AY775335    1801' CTGAACCCTT TGCTCTTCCG CGCGCAGGAG GTCGTGCAGG AACATTTAAC GGAGGATATT
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi          321" CTGAACCCTT TGCTCTTCCG CGCGCAGGAG GTCGTGCAGG AACATTTAAC GGAGGATATT

AY775335    1861' GCTTTGTTAG GCAAATTGAC CAGTCAGACA GATACTATGG GAGAGGACCT ATCCAATTGA
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi          381" GCTTTGTTAG GCAAATTGAC CAGTCAGACA GATACTATGG GAGAGGACCT ATCCAATTGA

AY775335    1921' CACAGTAAGA CCATGAATTG AATACCGTAC CAATCGTTAA ACTGTCACCT TATTTAAACT
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi          441" CACAGTAAGA CCATGAATTG AATACCGTAC CAATCGTTAA ACTGTCACCT TATTTAAACT

AY775335    1981' CTGACTAGTC TACATAGTGC CTCGATGACT AATTTTGACA TTAATGATAA AACTTGTGCA
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi          501" CTGACTAGTC TACATAGTGC CTCGATGACT AATTTTGACA TTAATGATAA AACTTGTGCA

AY775335    2041' GCCGATCTAA CTACGAGCGC GCAGGAAGGG GCATTGGTGT TGGACAAGAC TTAGTGAACA
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi          561" GCCGATCTAA CTACGAGCGC GCAGGAAGGG GCATTGGTGT TGGACAAGAC TTAGTGAACA

AY775335    2101' ACCCTGATAA AGTGGCCACT AATCCTGTTA TATCATTCAA AACAGCAATA TGGTTCTGGA
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi          621" ACCCTGATAA AGTGGCCACT AATCCTGTTA TATCATTCAA AACAGCAATA TGGTTCTGGA

AY775335    2161' TGACAGCACA GGATAATAAG CCATCATGCC ACGACGTTAT CATTGGACGA TGGAAGCCAT
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi          681" TGACAGCACA GGATAATAAG CCATCATGCC ACGACGTTAT CATTGGACGA TGGAAGCCAT

AY775335    2221' CACCAGCAGA TAGGTCAGCA AATCGAGTGC CAGGCTACGG TGTCATAACC AACATTATTA
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi          741" CACCAGCAGA TAGGTCAGCA AATCGAGTGC CAGGCTACGG TGTCATAACC AACATTATTA

AY775335    2281' ATGGTGGAAT TGAATGTGGG AAGGGTCGGA ATGGTGCTGT AGAAAGTCGA ATTGGATTTT
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi          801" ATGGTGGAAT TGAATGTGGG AAGGGTCGGA ATGGTGCTGT AGAAAGTCGA ATTGGATTTT

AY775335    2341' ACAAGAGGTA CTGTGGTATG TTGAATGTTC CCACTGGAAA CAACCTGGAC TGTTACAATC
                  ********** ********** ********** ********** ********** **********
Chi          861" ACAAGAGGTA CTGTGGTATG TTGAATGTTC CCACTGGAAA CAACCTGGAC TGTTACAATC

AY775335    2401' AAAAGAACTT TGCCCAGGGT TAGGCTTCTT TACATATATA TAGGATGCCA ATCATGTTAT
                  ********** ********** ********** ********** ******* ** **********
Chi          921" AAAAGAACTT TGCCCAGGGT TAGGCTTCTT TACATATATA TAGGATGACA ATCATGTTAT
```

Figure 1 DNA alignment of partial chitinase gene derived from chili cv. CA1131 and chitinase gene (accession no. AY775335) derived from GenBank

```
AF227953      301' GGTTCAAAGG AATGTCAAAA TTCTGGCCAC TGTTTAAATT ATAGAGTACA TTGCTG--TG
                                                                    ***** ******   *
Glu             1"                                                  GTACA TTGCTGTTGG

AF227953      359' AAATGAAGTC AGCCCTGTTA ACAGGCACAT CTTCACTTAC CCGATTTCTT CTTCCTGCCA
                   ********** ******* ** ********** ********** ********** **********
Glu            16" AAATGAAGTC AGCCCTG-TA ACAGGCACAT CTTCACTTAC CCGATTTCTT CTTCCTGCCA

AF227953      419' TGAGAAACAT TCGGAATGCA ATTTCTTCAG CTGGTTTGGG AAACAACATC AAAGTCTCAA
                   ********** ********** ********** ********** ********** **********
Glu            75" TGAGAAACAT TCGGAATGCA ATTTCTTCAG CTGGTTTGGG AAACAACATC AAAGTCTCAA

AF227953      479' CTTCCATAGA CATGACTTTG ATTGGGAACT CTTTTCCACC ATCACAGGGT TCATTTAGGA
                   ******* ** ********** ********** ********** ********** **********
Glu           135" CTTCCATGGA CATGACTTTG ATTGGGAACT CTTTTCCACC ATCACAGGGT TCATTTAGGA

AF227953      539' ATGATGTTAG GTCGTTCATT GATCCGATTA TTGTGTTTTT AAGGGGGATA AATTCGCCTT
                   ********** ********** ********** ********** ********** **********
Glu           195" ATGATGTTAG GTCGTTCATT GATCCGATTA TTGTGTTTTT AAGGGGGATA AATTCGCCTT

AF227953      599' TGCTCGTTAA CATTTACCCT TATTTTAGCT ATGCTGGTAA TCCGCGTGAC ATTTCTCTCT
                   ********** ********** ********** ********** ********** **********
Glu           255" TGCTCGTTAA CATTTACCCT TATTTTAGCT ATGCTGGTAA TCCGCGTGAC ATTTCTCTCT

AF227953      659' CCTATGCTCT TTTCACTGCA CCTAATGTGG TGGTACAAGA TGGTTCACTT GGATATAGGA
                   ********** ********** ********** ********** ********** **********
Glu           315" CCTATGCTCT TTTCACTGCA CCTAATGTGG TGGTACAAGA TGGTTCACTT GGATATAGGA

AF227953      719' ACTTATCTGA TGAAAGGTTG GACTCCGTTA CAGCTGCCCT ATCTCAAGCC AGAGGGGGCT
                   ****** *** ** ** **** ** ** ***    ****** *  **** ****  *********
Glu           375" ACTTATTTGA TGCAATGTTG GATTCTGTTT ACGCTGCCTT GTCTCGAGCC GGAGGGGGCT

AF227953      779' CGGTAGAGAT TGTTGTGTCC GAGAGTGGCT GGCCATCTGC TGGCGCATTT GCCACGACAA
                   ** ******* ********** ********** ********** *** ****** *   ******
Glu           435" CGATAGAGAT TGTTGTGTCC GAGAGTGGCT GGCCATCTGC TGGGGCATTT GGAGCGACAA

AF227953      839' CAAACGATGC AGCAGCTTAC TACAAGAACT TAATTCAGCA TGTTAAAAGG GGAAGTCCAA
                   ***** **** **** ***** **** ***** ********** ***** **** ** *******
Glu           495" CAAACAATGC AGCAACTTAC TACAGGAACT TAATTCAGCA TGTTAGAAGG GGTAGTCCAA

AF227953      899' GAAGGCCTAA TAAAGTCATT GAGACCTATT TATTTGCCAT GTTTGATGAG AATAACAAGA
                   ********** ** ** **** ********** ********** ********** **********
Glu           555" GAAGGCCTAA TAGAGCCATT GAGACCTATT TATTTGCCAT GTTTGATGAG AATAACAAGA

AF227953      959' ACCCTGAACT GGAGAAACAT TTTGGAGGTT TTTCCCCCAA CAAGCAGCCC AAATTTCCAC
                   ********** *********  ****** **  *** **** * **********
Glu           615" ACCCTGAACT GGAGAAACA- TTTGGA-GTG TTTTCCCC-A CAAGCAGCCC
```

Figure 2 DNA alignment of partial β-1,3-glucanase (*Glu*) derived from chili cv. CA1131 and β-1,3-glucanase gene (accession no. AF227953) derived from GenBank.

สรุปผล

ยีน partial *chitinase* (*Chi*) และ *glucanase* (*Glu*) ในพริกพันธุ์ CA1131 ที่โคลนได้มีความขนาดเท่ากับ 980 bp และ 665 bp ตามลำดับ และมีความเหมือนกับยีน *Chi*2 ของ *C. annuum* (accession no. AY775335) และยีน glucanase ของ *C. annuum* (accession no. AF227953) ที่ identity 99.18 และ 94.89% ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

Hong, J.K., Jung, H.W., Kim, Y.J. and Hwang, B.K., 2000, Pepper Gene Encoding a Basic Class II Chitinase is Inducible by Pathogen and Ethephon, Plant Science, 159: 39-49.

Sambrook, J. and Russell, D.W., 2001, Molecular Cloning: A Laboratory Manual, 3nd ed., Cold Spring.

Van Loon, L.C., 1999, Occurrence and Properties of Plant Pathogenesis-Related Proteins. *In* Pathogenesis-Related Proteins in Plants, (S.K. Datta and S. Muthukrishnan, eds.) CRC Press, Boca Raton, pp 1-19.

การศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นกลีเซอรีนโดยใช้เปลือกไข่และเปลือกหอยเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

Study of Biodiesel Production Using Alcohol Obtained from Distillation Glycerin with Seashell and Egg Shells as Catalyst

รัฐพงศ์ พูนเพ็ชร[1] รัตนชัย ไพรินทร์[1] และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ[1]
Poonpet, R.[1], Pairintra, R.[1] and Sudaprasert, K.[1]

Abstract

This research studied a feasibility of biodiesel production using alcohol obtained from distillation of glycerine with egg shells as catalysts by means of a fractional column distillation in a 4-liter batch. Glycerine distillation was carried out under constant pressure and ambient temperature. Glycerine was heated slowly from ambient temperature to 72°C. The results showed that the average distilled methanol production was 428 ml, equivalent to 10.71% of glycerine, with 98% purity at the cost of 6.5 baht per litre. Further, distilled methanol was used for biodiesel production process by transesterification reaction with heterogeneous catalyst. The suitable condition was investigated. The results showed that the suitable condition of methanol per oil molar ratio was 12:1, with 3% catalyst from egg shells at 60°C, reaction time was 90 min, and the yield of methyl esters was 99.8%. By comparing with catalyst made of seashell under the same condition, it was found that methyl esters content produced by egg shells catalyst is 16% higher that of seashell catalyst and the result of methyl ester was close to the results obtained from homogeneous catalyst. Therefore, seashell and egg shells are potential catalysts in the production of biodiesel, with higher volume.

Keywords: glycerine, catalysts, methanol, transesterification

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไบโอดีเซลจากแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นกลีเซอรีน โดยการกลั่นลำดับส่วน กลั่นกลีเซอรีนครั้งละ 4 ลิตร ภายใต้ความดันคงที่ กลีเซอรีนถูกกลั่นจากอุณหภูมิห้องโดยให้ความร้อนอย่างช้าๆ จนถึงอุณหภูมิ 72°C จากการทดลองพบว่าจะได้ปริมาณเมทานอลที่กลั่นได้เฉลี่ย 428 มิลลิลิตร คิดเป็น 10.71% ของปริมาณกลีเซอรีนที่นำมากลั่น มีความบริสุทธิ์ 98% ต้นทุนการกลั่น 6.50 บาทต่อลิตร จากนั้นนำเมทานอลที่กลั่นได้มาใช้สำหรับในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ Heterogeneous เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม จากผลการทดลองสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลคืออัตราส่วนของโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่ 12:1 ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากเปลือกไข่ 3% ที่อุณหภูมิ 60°C เวลาในการทำปฏิกิริยา 90 นาทีได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ 99.8% และเมื่อเปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากเปลือกหอยที่สภาวะเดียวกัน พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากเปลือกไข่ได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์มากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากเปลือกหอย 16% ผลของปริมาณเมทิลเอสเทอร์ใกล้เคียงกับตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ Homogeneous จึงมีความเป็นไปได้ในการนำเปลือกไข่และเปลือกหอยมาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการผลิตไบโอดีเซลปริมาณเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: กลีเซอรีน ตัวเร่งปฏิกิริยา เมทานอล ทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่น

คำนำ

เนื่องจากปัจจุบันความต้องการการพลังงานในประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น แหล่งพลังงานที่สำคัญคือน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งถูกนำมาใช้ทั้งในภาคการขนส่ง ภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม โดยน้ำมันเชื้อเพลิงส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นจึงมีการมองหาแหล่งเชื้อเพลิงหมุนเวียนมาทดแทนและเชื้อเพลิงที่สามารถทดแทนน้ำมันดีเซลได้เป็นอย่างดี

[1] คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
[1] School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Pracha U-tid Rd., Thung Khru, Bangkok 10140

คือไบโอดีเซล (Liu และคณะ, 2008) ซึ่งเป็นหนึ่งในเชื้อเพลิงจากแหล่งทรัพยากรหมุนเวียนที่ได้จากพืชและไขมันสัตว์ โดยผ่านกระบวนการทางเคมีเรียกว่า ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Meher และคณะ, 2006) ในขณะเดียวกันกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะได้กลีเซอรีนเป็นผลผลิตพลอยได้ประมาณ 10-20% ซึ่งปัจจุบันการผลิตไบโอดีเซลมีเพิ่มขึ้น ผู้ผลิตหลายรายไม่สามารถใช้ประโยชน์จากกลีเซอรีนได้อย่างเต็มที่ โดยปกติกลีเซอรีนที่ได้มีจะส่วนผสมของแอลกอฮอล์ที่ใช้เป็นตัวทำปฏิกิริยา ดังนั้นกลีเซอรีนสามารถนำไปกลั่นเพื่อนำแอลกอฮอล์กลับมาใช้ใหม่ได้อีก และเปลือกไข่และเปลือกหอยเป็นวัสดุธรรมชาติที่ถูกทิ้งเป็นของเสียจำนวนมาก โครงสร้างของเปลือกไข่และเปลือกหอยเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิที่สูงพอจะทำให้เปลี่ยนโครงสร้างเป็นแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งสามารถนำมาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลได้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์ศึกษาการกลั่นแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นกลีเซอรีนและใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการเผาเปลือกไข่และเปลือกหอยในการผลิตไบโอดีเซลเพื่อลดต้นทุนในการผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องกลั่นกลีเซอรีนในงานวิจัยนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ (1) หม้อต้มทำจากวัสดุคือ Stainless Steel หุ้มด้วยฉนวนใยแก้ว มีความหนา 1 มิลลิเมตรขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร มีปริมาตรความจุสูงสุด 6.81 ลิตร ให้ความร้อนโดย Heating Rod 1000 W 220 V ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ Thermostat (2) หอกลั่นแบบเบดบรรจุ ใช้ท่อ Stainless Steel หุ้มด้วยฉนวนใยแก้ว ข้างในเบดบรรจุลูกแก้วกลม เพื่อให้เกิดการสัมผัสระหว่างของเหลวกับไออย่างเต็มที่ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายโอนมวลสารทำให้แอลกอฮอล์บริสุทธิ์มากขึ้น (3) ชุดควบแน่น ใช้ท่อทองแดง ติดตั้งภายในท่อ Stainless Steel บรรจุน้ำหล่อเย็น (4) ใบพัดกวนแบบกังหัน 4 ใบ เอียงทำมุม 45 ทำจาก Stainless Steel ขั้นตอนการกลั่นกลีเซอรีนดำเนินการกลั่นครั้งละ 4 ลิตร การกลั่นจะให้ความร้อนอย่างช้าๆ จากอุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 72°C ความเร็วใบพัดกวน 500 รอบต่อนาที และบันทึกปริมาณเมทานอลที่ได้ทุกๆ 5 นาที วัดความบริสุทธิ์ของเมทานอลที่อุณหภูมิ 20°C

ขั้นตอนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ เริ่มจากนำเปลือกไข่และเปลือกหอยมาล้างน้ำให้สะอาดและลอกเอาเยื่อด้านในออกให้หมด ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วบดให้ละเอียด หลังจากนั้นนำมาอบให้แห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นนำเปลือกไข่และเปลือกหอยที่ได้ ไปเผาที่อุณหภูมิ 1000°C (Wei และคณะ, 2009)

ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลในงานวิจัยนี้ใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้น้ำมันปาล์มเป็นสารตั้งต้นและใช้แอลกอฮอล์ที่กลั่นได้จากกลีเซอรีนเป็นตัวทำปฏิกิริยา ตัวเร่งปฏิกิริยาใช้แคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการเผาเปลือกไข่และเปลือกหอย ในอัตราส่วนโมลแอลกอฮอล์ต่อโมลน้ำมันที่ 12:1, 9:1และ 6:1ที่อุณหภูมิ 60°C เวลาในการทำปฏิกิริยา 30, 60 และ 90 นาที วิเคราะห์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการการทดลองการกลั่นกลีเซอรีนพบว่าอุณหภูมิเก็บรักษากลีเซอรีนที่ 29°C เมทานอลจะเริ่มกลั่นตัวนาทีที่ 9 อุณหภูมิที่เมทานอลเริ่มกลั่นตัวคืออุณหภูมิ 72°C ดังแสดงใน Table1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารที่กลั่นเฉลี่ยคือ 428 มิลลิลิตร คิดเป็น 10.71% ความบริสุทธิ์ของเมทานอล 98% สอดคล้องกับ สุกันต์ และคณะ (2552) ขณะที่เวลาที่ใช้ในการกลั่นใกล้เคียงกันดังแสดงใน Figure 1 และมีลักษณะทางกายภาพ คือเป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นเหม็น เป็นสารไวไฟ เมื่อนำมาคำนวณพบว่าต้นทุนรวมของการกลั่นต่อครั้งมีค่าใช้จ่ายในแต่ละครั้ง 2.78 บาท ซึ่งถ้าคิดในปริมาณที่กลั่นได้เมทานอล 1 ลิตรมีค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นลิตรละ 6.50 บาท เมื่อเทียบกับราคาเมทานอลในปัจจุบันถูกกว่าถึง 43% และเมื่อนำราคาเมทานอลที่กลั่นได้มาคำนวณราคาไบโอดีเซล (B100) เพื่อใช้ในการอ้างอิงตามสูตรสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2556) พบว่าราคาไบโอดีเซลที่ผลิตจากเมทานอลที่กลั่นได้จากกลีเซอรีนมีราคาถูกกว่าราคาไบโอดีเซลในปัจจุบัน 2.89 บาท

Table 1 Effect of glycerine distillation from ambient temperature to 72°C

No.	Electrical quantities (Unit)	Start time of distillation (min)	Time (min)	The amount of methanol distillation (ml)	Percentage of glycerin distillation (%)	Purity (%)
1	0.42	10	50	467	11.67	98.0
2	0.40	9	50	425	10.62	98.0
3	0.39	9	50	394	9.85	98.0
Average	0.40	9.3	50	428	10.71	98.0

ผลการทดลองการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้เมทานอลที่กลั่นได้จากกลีเซอรีล ที่อัตราส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันคือ 12:1 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60°C เวลาในการทำปฏิกิริยา 120 นาที โดยใช้แคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการเผาเปลือกไข่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อหาปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมพบว่าที่ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ 3% ให้ผลปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ได้มากที่สุดคือ 99.7% และที่ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ 2% ให้ผลปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ลดลงมาคือ 94.8% ดังนั้นปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการทดลองคือ 3% (w/v)

Table 2 Effect of biodiesel production with egg shells catalyst

Catalysts (%)	Ratio	Time (min)	Purity of alcohol (%)	Methyl ester (%)
1	12:1	120	98.0	43.3
2	12:1	120	98.0	94.8
3	12:1	120	98.0	99.7
3	6:1	90	98.0	59.8
3	9:1	90	98.0	77.4
3	12:1	30	98.0	93.0
3	12:1	60	98.0	98.2
3	12:1	90	98.0	99.8
3	12:1	30	99.9	92.9
3	12:1	60	99.9	99.4
3	12:1	90	99.9	99.5

จาก Table 2 พบว่า ที่อัตราส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันคือ 6:1 และ 9:1 ที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60°C เวลาในการทำปฏิกิริยา 90 นาที ให้ปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์คือ 59.8% และ 77.4% ตามลำดับ และที่อัตราส่วนโมลเมทานอล ต่อน้ำมัน 12:1 ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 30, 60 และ 90 นาที ให้ปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ มากกว่า 90% แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนในการทำปฏิกิริยามีผลต่อปริมาณร้อยละของเมทิลเอสเทอร์

การผลิตไบโอดีเซลโดยใช้โดยใช้แอลกอฮอล์ที่กลั่นได้จากกลีเซอรีน และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากการเผาเปลือกหอยที่อัตราส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันคือ 12:1 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60°C เวลาในการทำปฏิกิริยา 30, 60 และ 90 นาที ให้ผลปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์คือ 47.8%, 62.7% และ 83.8% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากเปลือกไข่ที่สภาวะเดียวกันพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากเปลือกหอยให้ปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์น้อยกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากเปลือกไข่ ดังแสดงใน Figure 2

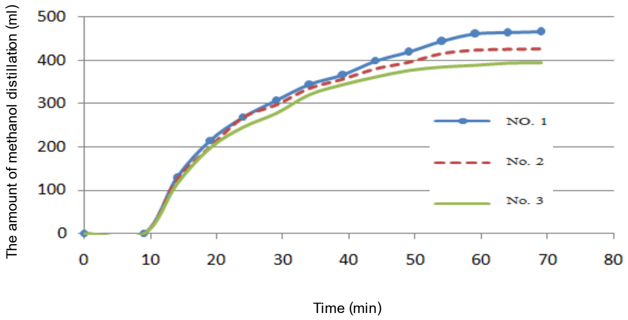


Figure 1 Effect of distilled methanol at different time

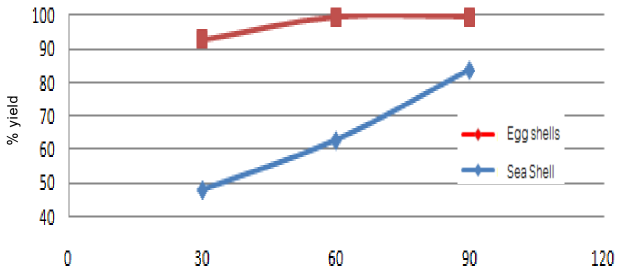


Figure 2 Effect of methyl esters with different catalysts

สรุปผล

การกลั่นแอลกอฮอล์จากกลีเซอรีนพบว่าปริมาณสารที่กลั่นเฉลี่ยคือ 428 มิลลิลิตร คิดเป็น 10.71% ความบริสุทธิ์ 98% จากนั้นนำแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้มาผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ Heterogeneous ที่ได้จากการเผาเปลือกไข่ ผลแสดงให้เห็นว่าปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ใกล้เคียงกับไบโอดีเซลที่ผลิตจากเมทานอลบริสุทธิ์ 99.9% แต่เมื่อนำมาคำนวณราคาต้นทุนการผลิตไบโอดีเซล ถือว่ายังมีราคายังสูงกว่าเมื่อเทียบกับราคาไบโอดีเซลในปัจจุบัน แต่มีข้อดีคือสามารถนำกลีเซอรีนที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตไบโอดีเซลกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์และยังเป็นการลดของเสียจากเปลือกไข่โดยการนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลได้อีกด้วย

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ทุนในการทำงานวิจัย ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีไขมันคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีที่ให้ใช้สถานที่ในการทำวิจัยนี้ และขอขอบพระคุณทุกๆ คน ในครอบครัวที่คอยให้กำลังใจผู้วิจัยมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2556, การคำนวณราคาไบโอดีเซล (B100) เพื่อใช้ในการอ้างอิง วันที่ 15-21 กรกฎาคม 2556, กระทรวงพลังงาน [Online], Available: http://www.eppo.go.th/petro/B100/B100-2556-07-15-21.pdf [2013, July 24].

สุกันต์ จารุจารีต, 2552, การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแอลกอฮอล์ที่ได้จากกลีเซอรีนกลับมาใช้ใหม่เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซล, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 95 หน้า.

Wei, Z., Xu, C. and Li, B., 2009, Application of Waste Eggshell as low-cost Solid Catalyst for Biodiesel Production, Bioresource Technology, 100: 2883-2885.

Liu, X., He, H., Wang, Y., Zhu, S. and Piao, X., 2008, Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel Using CaO as Solid Base Catalyst, Fuel, 87: 216-221.

Meher, L.C., Vidya, S.D. and Naik, S.N., 2006, Technical Aspects of Biodiesel Production by Transesterification-a Review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 10: 248-268.

ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากนมหมดอายุ

Study of Biogas Production from Expired Milk

บุญสม จิตโสภณปัญญา[1] รัตนชัย ไพรินทร์[1] และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ[1]

Jitsoponpanya, B.[1], Pairintra, R.[1] and Sudaprasert, K.[1]

Abstract

This research studies the possibility of biogas production from expired milk. Expired milk was fermented with cow dung and agricultural waste with rice straw to produce biogas which can be used as renewable energy. There were different ratios of anaerobic fermentation in 3-liter batch tanks at normal ambient temperatures. The produced biogas were measured by water replacement and biogas composition were analysed by Gas Chromatography. The results showed that the most suitable condition was the first condition with a ratio of expired milk / cow dung / straw of 1: 0.25: 0.05, because the duration of the gas production is faster than all conditions within 15 days, the average of methane was 63% and the maximum biogas was 1875 ml/day. The appropriate pH was in the range of 7.5 to 8.0. If 1 ton of expired milk could produced biogas at the average of 3.75 cubic meters/day with a heating value of 80.63 MJ/m^3. This is equivalent to Liquid Petroleum Gas (LPG) of 1.73 kg., electric power of 4.50 Kw-hr., biomass of charcoal of 6.00 kg., diesel of 1.50 liters., 25.20 liters of gasoline and fuel oil grade A of 1.76 liters. Therefore, biogas of expired milk from daily product can be used as an alternative method to achieve diversity and stability of energy.

Keywords: biogas, expired milk, methane, renewable energy

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากนมหมดอายุ โดยใช้วิธีหมักร่วมกับมูลโคและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือ ฟางข้าว โดยหมักรวมกันเพื่อให้เกิดก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยวิธีการหมักที่อัตราส่วนแตกต่างกันในถังหมักขนาด 3 ลิตร โดยทำการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนและทำการหมักแบบครั้งเดียว (Batch) ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ โดยการเก็บปริมาณก๊าซด้วยการแทนที่น้ำและวิเคราะห์สัดส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี จากการทดลองพบว่าผลการทดลองที่ดีที่สุดเป็นการทดลองเงื่อนไขที่ 1 ด้วยอัตราส่วนของ นมหมดอายุ/ มูลโค/ ฟางข้าว เป็น 1: 0.25: 0.05 เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการการเกิดก๊าซชีวภาพเร็วกว่าทุกผลการทดลอง โดยใช้ระยะเวลา 15 วัน ได้เปอร์เซ็นต์มีเทนโดยเฉลี่ย 63 % ปริมาณเฉลี่ยก๊าซชีวภาพมากสุด 1875 มล./วัน ค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7.5-8.0 หากนำนมหมดอายุ 1 ตัน สามารถผลิตแก๊สชีวภาพโดยเฉลี่ยได้ 3.75 ลูกบาศก์เมตร ได้ค่าความร้อน 80.63 MJ/m^3 สามารถทดแทนเป็นพลังงานก๊าซหุงต้ม (LPG) ได้ 1.73 กิโลกรัม พลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 4.50 Kw-hr พลังงานชีวมวลถ่านได้ 6.00 กิโลกรัม น้ำมันดีเซลได้ 1.50 ลิตร น้ำมันเบนซินได้ 2.25 ลิตร น้ำมันเตาเกรด A ได้ 1.76 ลิตร ดังนั้นนมหมดอายุจึงนำมาใช้เป็นพลังงานทางเลือกเพื่อให้เกิดความหลากหลายและความมั่นคงทางด้านพลังงาน

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทน นมหมดอายุ พลังงานทดแทน

คำนำ

จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ส่งผลให้มีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดวิกฤตการณ์ทางด้านพลังงานและการขาดแคลนของเชื้อเพลิงจากซากฟอสซิลมีเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบทำให้น้ำมันมีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงต้องมีการประหยัดพลังงาน จากปัญหาดังกล่าวจึงมีความจำเป็นต้องหาพลังงานทดแทนจากแหล่งอื่นๆ ก๊าซชีวภาพจึงเป็นอีกทางเลือกที่ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นในการใช้เป็นพลังงานทดแทน และยังลดการนำเข้าเชื้อเพลิงพลังงานจากต่างประเทศ โดยการผลิตก๊าซชีวภาพไปใช้งานยังเป็นการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นมลภาวะและสาเหตุหลักของปัญหาโลกร้อน จากปัญหานมล้นตลาดเหลือทิ้งบูดเสียหมดอายุ ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบของน้ำนมดิบหรือน้ำนม

[1] คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[1] School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Pracha U-tid Rd., Thung Khru, Bangkok 10140

ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์แล้ว ทำให้เกิดการเน่าเสียก่อมลภาวะต่างๆ ในด้านกลิ่นซึ่งไม่เกิดประโยชน์ใดๆ การแพร่กระจายของเชื้อโรค เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของโลกร้อน จึงเกิดแนวคิดที่จะนำของเสียนมหมดอายุมาใช้ผลิตก๊าซชีวภาพ โดยมีมูลโคและฟางข้าวร่วมด้วยเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่ดี ซึ่งมูลโคยังเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายมีอยู่ในฟาร์มตัวเองไม่ต้องลงทุนเพื่อลดต้นทุนด้านค่าใช้จ่าย โดยก๊าซชีวภาพที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานความร้อนเพื่อทำประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้อีกด้วย เช่น นำไปใช้ในครัวเรือน การพาสเจอไรส์นม เป็นต้น ซึ่งเป็นการลดการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงได้ส่งผลให้เกิดความยั่งยืนทางด้านพลังงานให้กับประเทศชาติ

อุปกรณ์และวิธีการ

ก๊าซชีวภาพ เป็นสสารที่อยู่ในรูปของก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งซากพืช ซากสัตว์และของเสียจากสัตว์รวมถึงขยะมูลฝอยที่เป็นขยะอินทรีย์ โดยกระบวนการย่อยสลาย ทั้งหมดเกิดขึ้นโดยการหมัก แบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion) ก๊าซชีวภาพสามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติถ้ามีสภาพที่เหมาะสมหรือเกิดในระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่สร้างขึ้น

เงื่อนไขในการทดลองการผลิตก๊าซชีวภาพจากนมหมดอายุหมักร่วมกับมูลโคและฟางข้าว ที่เงื่อนไขต่างกันได้ดำเนินการศึกษาถึงอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้คือ นมหมดอายุ/ มูลโค/ ฟางข้าว เป็น 1: 0.25: 0.05, 2:0.25:0.05, 3:0.25:0.05, 2:0.25:0.1 และ 2:0.5:0.05 ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ

การทดลองการเตรียมอุปกรณ์วัตถุดิบเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าตัวแปรพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ค่า pH) อุณหภูมิ ระยะเวลาในการหมัก ปริมาณของก๊าซชีวภาพ ปริมาณของก๊าซมีเทน และการนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน ซึ่งในการดำเนินการทดลองได้ทำการทดลองในชุดถังหมักขนาด 3 ลิตร ใช้วัตถุดิบนมหมดอายุหมักร่วมกับมูลโคและฟางข้าว ทำการทดลองที่อุณหภูมิสภาวะแวดล้อมปกติ ด้วยวิธีการหมักแบบไม่ใช้อากาศและเป็นการหมักแบบเติมวัตถุดิบครั้งเดียว (Batch) เพื่อศึกษาภาวะเงื่อนไขที่เหมาะสม อุปกรณ์ประกอบไปด้วย ถังพลาสติกขนาด 3 ลิตร ทำหน้าที่เป็นถังหมัก สายยางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร ทำหน้าที่เป็นท่อทางเดินก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นเพื่อไปเก็บในขวดพลาสติกขนาด 0.6 ลิตร ขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร ทำหน้าที่ใส่น้ำเพื่อนเป็นที่เก็บก๊าซชีวภาพด้วยวิธีการแทนที่น้ำ เพื่อนำก๊าซที่ได้ไปตรวจหาเปอร์เซ็นต์มีเทนโดยวิเคราะห์สัดส่วนปริมาณก๊าซชีวภาพด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ข้อต่อสองทาง (วาล์วปรับออกซิเจน) โดยการเจาะเข้าไปภายในถังหมักเพื่อทำการเอาน้ำหมักออกมาเพื่อใช้วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH-meter และกระดาษ pH-Indicator Strips ค่าพลังงานความร้อนหาได้โดยการคำนวณ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ค่า pH ของนมที่บูดจะอยู่ที่ประมาณ 5-6 การทดลองเริ่มจากนำวัตถุดิบนมหมดอายุ มูลโคและฟางข้าว มาหมักด้วยกระบวนการไร้อากาศ เป็นการหมักแบบเติมวัตถุดิบครั้งเดียวในถังหมัก 3 ลิตร เพื่อหาอัตราส่วนผลการทดลองที่เหมาะสมและมีความสอดคล้องกันซึ่งปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพช่วงระยะเวลา 10 วันแรกมีก๊าซเกิดจำนวนน้อย แต่หลังจากช่วงระยะเวลา 10-20 วัน ผลการผลิตก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพดีสามารถติดไฟได้ ซึ่งอยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์ Methanogens เปลี่ยนสารละลายอินทรีย์ขนาดเล็กไปเป็นก๊าซมีเทน การทดลองรูปที่ 1 พบว่าผลการทดลองเงื่อนไขที่ 1 ด้วยอัตราส่วนของ นมหมดอายุ/ มูลโค/ ฟางข้าว เป็น 1: 0.25: 0.05 มีผลดี เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการการเกิดก๊าซชีวภาพเร็วกว่าทุกผลการทดลอง ปริมาณเฉลี่ยก๊าซชีวภาพมากสุด 1875 มล./วัน ทำการเก็บก๊าซชีวภาพที่ได้เพื่อวิเคราะห์สัดส่วนเปอร์เซนต์มีเทนในก๊าซชีวภาพด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตรกราฟี ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 2 ซึ่งเปอร์เซนต์มีเทนมากสุดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 63% ลักษณะการติดไฟเป็นเปลวไฟสีน้ำเงิน ค่า pH เป็นปัจจัยหนึ่งในการผลิตก๊าซชีวภาพ จากการศึกษาเงื่อนไขอัตราส่วนทั้ง 5 เงื่อนไข ทำการทดลองที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ จากการทดลองรูปที่ 3 พบว่า เงื่อนไขการทดลองที่ 1 มีค่า pH สูงสุดประมาณ 7.92 ค่า pH ต่ำสุดเป็นเงื่อนไขการทดลองที่ 3 ประมาณ 6.90 ค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7.5-8.0 ในกรณีที่พีเอชมีค่าสูงเกินไป ($pH \geq 10$) สามารถทำให้ระบบมีประสิทธิภาพต่ำได้ แต่ไม่เสียหายรุนแรงเท่ากรณีพีเอชเป็นกรด ($pH \leq 6.5$)ซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทนหยุดทำงานและตายได้ การรักษาค่า pH ให้มีความเป็นด่างทำได้โดยการใส่ขี้เถ้า ปูนขาวหรือสารเคมีลงไปเพื่อความเหมาะสม

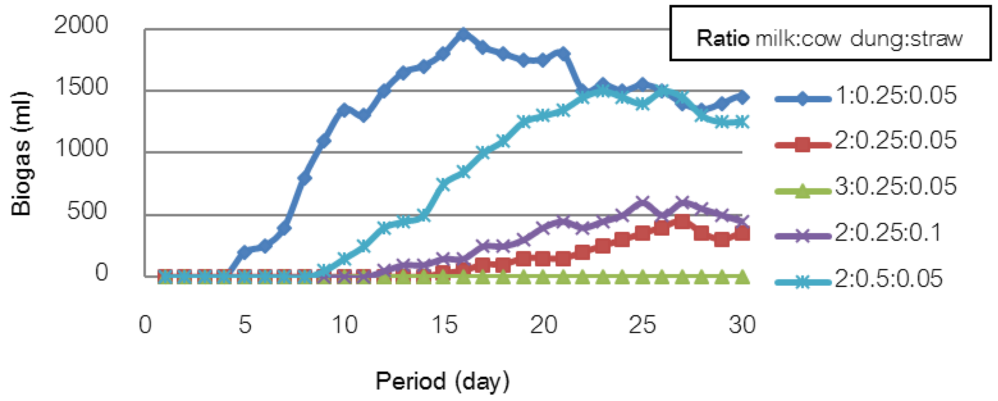


Figure 1 Daily biogas production in 3 liters tank

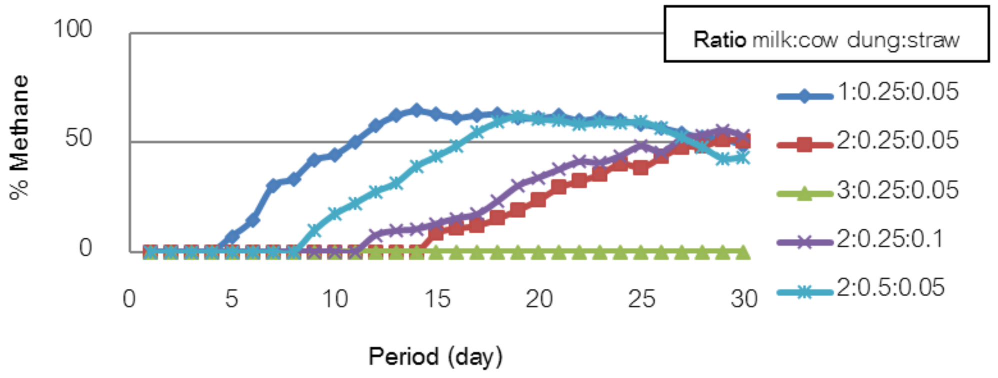


Figure 2 Percent methane of biogas in 3 liters tank

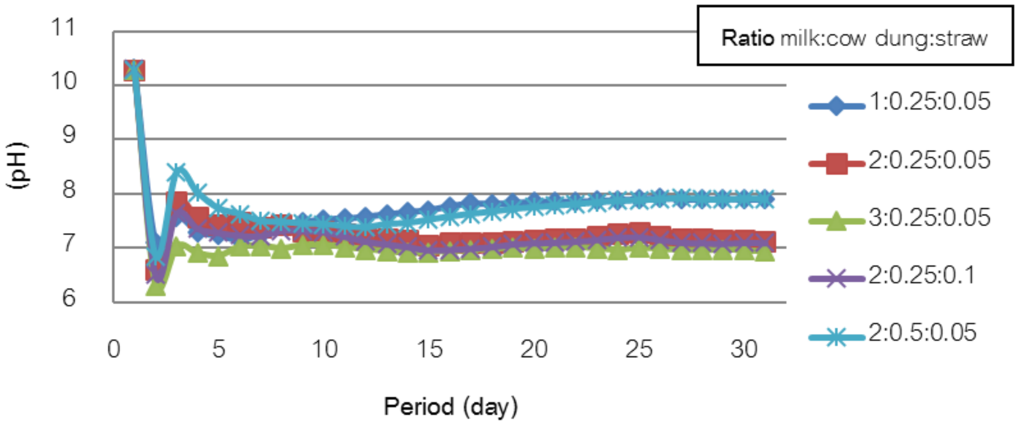


Figure 3 pH of biogas in 3 liters tank

สรุปผล

การทดลองการผลิตก๊าซชีวภาพถังหมักขนาด 3 ลิตร จากนมหมดอายุร่วมกับมูลโคและฟางข้าวได้ใช้นมหมดอายุเป็นวัตถุดิบหลัก ในการศึกษาเงื่อนไขการเกิดก๊าซชีวภาพที่ดี จากการทดลองพบว่าผลการทดลองที่เหมาะสมเป็นการทดลองเงื่อนไขที่ 1 ด้วยอัตราส่วนของ นมหมดอายุ/ มูลโค/ ฟางข้าว เป็น 1: 0.25: 0.05 เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการการเกิดก๊าซชีวภาพเร็วกว่าทุกผลการทดลอง โดยใช้ระยะเวลา 15 วันได้เปอร์เซนต์มีเทนโดยเฉลี่ย 63% ปริมาณเฉลี่ยก๊าซชีวภาพมากสุด 1875 มล./วัน ค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 7.5-8.0 ซึ่งนำไปขยายสเกลเพื่อเพิ่มปริมาณในการผลิต หากนำนมหมดอายุ 1 ตัน

สามารถผลิตแก๊สชีวภาพโดยเฉลี่ยได้ 3.75 ลูกบาศก์เมตร ได้ค่าความร้อน 80.63 MJ/m^3 สามารถทดแทนเป็นพลังงานก๊าซหุงต้ม (LPG) ได้ 1.73 กิโลกรัม พลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 4.50 Kw-hr พลังงานชีวมวลถ่านได้ 6.00 กิโลกรัม น้ำมันดีเซลได้ 1.50 ลิตร น้ำมันเบนซิลได้ 2.25 ลิตร น้ำมันเตาเกรด A ได้ 1.76 ลิตร เพื่อใช้ประโยชน์ด้านพลังงานความร้อนเช่น การพาสเจอไรซ์นม

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ทุนในการทำงานวิจัย ขอบคุณคุณจงกล พูนทวี พี่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ (เครื่อง GC) สรบ. บางขุนเทียน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีที่ให้ใช้สถานที่ในการทำวิจัยนี้ และขอขอบพระคุณทุกๆ คน ในครอบครัวที่คอยให้กำลังใจผู้วิจัยมาโดยตลอด สุดท้ายนี้ขอขอบทุกท่านทั้งที่เอ่ยนามและไม่เอ่ยนามที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลและก๊าซชีวภาพ, หน้า 1-5.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน, 2553, คู่มือการผลิตและการใช้ก๊าซชีวภาพอย่างปลอดภัยสำหรับฟาร์มปศุสัตว์, สำนักพิมพ์ค้นคว้าพลังงาน, หน้า 1-7.

พิชิต สกุลพราหมณ์ และมงคง โฉมงาม, 2552, การผลิตแก๊สชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์โดยการหมักอินทรียวัตถุที่ไม่ต้องการอากาศ, คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพมหานคร, หน้า 8-47.

ผลของวิธีการปลูกต่อผลผลิตและต้นทุนการผลิตข้าวอย่างมีส่วนร่วมของชุมชน
Effect of Growing Methods on Rice Yield and Production Cost with Community Participant

ชินกฤต สุวรรณคีรี[1] สิทธิชัย ลอดแก้ว[1] นพดล สันยาย[2] และ วินัย สายไฮคำ[3]
Suwanakeree C.[1], Lordkaew S.[1], Sunyai N.[2] and Saihighkam V.[3]

Abstract

The experiments were designed as randomized complete block design (RCB) that comprised 4 treatments with 3 replications. In T1, the rice was grown as format of rice transplanted plants. T2, the rice was grown method water seeded to rice swamp. T3, the rice was grown method to rice seeded dry rice. T4, the rice was grown method to throw the rice fields. Data collection of each treatment of height (H), tiller number (TN), seed number/spike (SN), mix seed weight (MSW) and filled seed weight (FSW) was performed at harvesting 135 days as triplicate 2m^2/replicate. The result was found that significant differences (P<0.05) in H and SN to 119, 113, 111 and 101 cm of T1, T2, T4 and T3, respectively. The SN was found that 154, 139, 92 and 82 seed of Tr4, Tr1, Tr3 and Tr2, respectively. There were not significant differences (P>0.05) in TN, MSW and FSW to 572, 553, 450 and 443 tiller of T3, T2, T1 and T4, respectively. The MSW was to 1,947, 1,861, 1,649 and 1,545 g of T1, T4, T2 and T3, respectively. The FSW was to 711, 660, 623 and 549 kg/rai of T1, T4, T2 and T3, respectively. The production costs were found that to 4,197, 1,719, 1,592 and 1,519 baht/rai of T1, T2, T4 and T3, respectively.

Keywords: San-pah-tawng, rice grown method, production costs

บทคัดย่อ

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ คือ ตำรับ 1 ปลูกข้าวแบบนาดำ ตำรับ 2 ปลูกข้าวแบบนาหว่าน้ำตม ตำรับ 3 ปลูกข้าวแบบนาหว่านข้าวแห้ง และตำรับ 4 ปลูกข้าวแบบนาโยน เมื่อข้าวอายุ 135 วัน เก็บตัวอย่าง 2 ตร.ม. ต่อ 1 ซ้ำ วิเคราะห์หาค่าความสูง จำนวนหน่อ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดี ผลการวิจัยพบว่า ความสูงและจำนวนเมล็ดต่อรวงข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) คือ ความสูง ตำรับ 1=119 ซม รองลงมาคือ ตำรับ 2, 4 และ 3=113, 111 และ 101 ซม ตามลำดับ จำนวนเมล็ดต่อรวง ตำรับ 4=154 เมล็ด รองลงมาคือ ตำรับ 1, 3 และ 2=139, 92 และ 82 เมล็ด ตามลำดับ สำหรับจำนวนหน่อ น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดีของข้าวพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) คือ ตำรับ 3=572 หน่อ รองลงมาคือ ตำรับ 2, 1 และ 4=553, 450 และ 443 หน่อ น้ำหนักเมล็ดรวมคือ ตำรับ 1=1,974 ก. รองลงมาคือ ตำรับ 4, 2 และ 3=1,861, 1,649 และ 1,545 ก. น้ำหนักเมล็ดดีคือ ตำรับ 1=711 กก./ไร่ รองลงมาคือ ตำรับ 4, 2 และ 3=660, 623 และ 549 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนต้นทุนการผลิตพบว่า ตำรับ 1=4,197 บาท/ไร่ รองลงมาคือ ตำรับ 2, 4 และ 3=1,719, 1,592 และ 1,519 บาทต่อไร่ ตามลำดับ

คำสำคัญ: สันป่าตอง 1 วิธีการปลูกข้าว ต้นทุนการผลิต

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa*) เป็นพืชจำพวกธัญพืชที่สามารถกินเมล็ดได้ ข้าวที่ปลูกในไทยเป็นพวก *Indica* แบ่งเป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว พันธุ์สันป่าตอง 1 เป็นข้าวนาสวนไม่ไวต่อช่วงแสง เป็นข้าวเหนียวที่ได้จากการผสมพันธุ์ BKNLR75001-B3-CNT-B4-RST-36-2 กับข้าวพันธุ์ กข 2 ที่สถานีทดลองข้าวสันป่าตอง อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ ต้นสูงประมาณ 119 ซม. อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 130-135 วัน ทรงกอตั้ง ใบสีเขียว กาบใบสีเขียว ใบธงตั้งตรง รวงยาว ระแง้ถี่ รวงแน่น คอรวงสั้น ฟางแข็ง

---

[1] ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[1] Center for Agricultural Resource System Research, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University.
[2] สำนักงานเกษตรอำเภอดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่
[2] Doi Saket District Agricultural Office, Chiang Mai Province.
[3] สำนักงานผู้นำชุมชนบ้านดวงดี ตำบลป่าป้อง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่
[3] Ban Duong Dee Community Leaders Office, Pa Pong Sub district, Doi Saket District, Chiang Mai Province.

ใบแก่ช้า เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์ คุณภาพข้าวสุกนุ่ม ผลผลิตประมาณ 630 กก.ต่อไร่ ลักษณะเด่น ต้านทานโรคไหม้และโรคขอบใบแห้ง ให้ผลผลิตสูง ข้าวเหนียวสุกอ่อนนุ่ม เป็นข้าวเหนียวที่สามารถปลูกได้ตลอดปี (กรมการข้าว, 2556; ฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวรับรองของไทย, 2556)

การวิจัยและพัฒนาการผลิตข้าวโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ทำให้การทำนาเขตชลประทานได้ผลผลิตสูงกว่าเขตนาน้ำฝนของประเทศ เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกข้าวโดยวิธีการปลูกแบบนาหว่านน้ำตม ใช้พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง โดยเฉพาะนาชลประทานในภาคกลางใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ค่อนข้างสูง ซึ่งปัจจุบันราคาเมล็ดพันธุ์กิโลกรัมละ 20-23 บาท และเมล็ดพันธุ์ที่ดีก็ไม่เพียงพอต่อความต้องการ (กลุ่มถ่ายทอดวิทยาการผลิตเมล็ดพันธุ์ดี ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น, 2556) ปัจจุบันเกษตรกรได้ทำการเพาะปลูกข้าวหลายวิธีการ ทั้งนาปีและนาปรัง เช่น รูปแบบวิธีการปลูกข้าวแบบนาโยน นาดำ นาหว่านน้ำตม และรูปแบบวิธีการปลูกแบบนาหว่านข้าวแห้ง การโยนกล้าเป็นการทำนาแบบใหม่ที่สามารถนำมาใช้แทนการปักดำด้วยเครื่องได้ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า แต่ได้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการปักดำ สามารถควบคุมวัชพืช โดยเฉพาะข้าววัชพืช การหว่านข้าวแห้งเป็นการหว่านเมล็ดข้าวเพื่อคอยฝน มีชื่อเรียกตามวิธีการปฏิบัติ เช่น การหว่านสำรวย การหว่านหลังขี้ไถ ส่วนนาหว่านน้ำตมเป็นการนำเอาเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ถูกเพาะให้งอก มีขนาดตุ่มตา มีรากงอกประมาณ 1-2 มิลลิเมตร หว่านลงในกระทงนา (สมมาตร, 2551; วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2556)

จะเห็นได้ว่าการทำนาของเกษตรกรมีหลายวิธีการ โดยเฉพาะในพื้นที่ ต.ป่าป้อง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ ซึ่งจากการลงพื้นที่พบสิ่งที่กลุ่มเกษตรกรชาวนาต้องการคือ วิธีการและต้นทุนการผลิตที่เหมาะสมในชุมชน ดังนั้นคณะผู้ทำการวิจัยจึงได้ร่วมกันปรึกษาหารือ โดยเฉพาะนักวิจัยจากมหาวิทยาลัย นักวิจัยในชุมชน ผู้นำกลุ่มเกษตรกร ผู้นำชุมชน ปราชญ์ชาวบ้าน และประธานกลุ่มชาวนา เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการและต้นทุนการผลิตข้าวอย่างมีส่วนร่วมของชุมชนเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ประชุมกลุ่มนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นักวิจัยในชุมชน ประชุมกลุ่มเกษตรกร ผู้นำชุมชน คัดเลือกพื้นที่และคัดเลือกเกษตรกรเข้าร่วมโครงการฯ โดยมีเมล็ดพันธุ์ข้าวสันป่าตอง 1 ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 สูตร 18-8-8 สูตร 16-20-0 สูตร 13-13-21 ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ สารกำจัดศัตรูพืช และสารกำจัดวัชพืชเป็นวัสดุใช้ในการทดลอง

2. ปลูกข้าว ณ พื้นที่ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ วางแผนการทดลองแบบ RCB (Randomized Complete Block Design) มี 4 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับการทดลองที่ 1 วิธีการปลูกข้าวแบบนาดำ

ตำรับการทดลองที่ 2 วิธีการปลูกข้าวแบบนาหว่านน้ำตม

ตำรับการทดลองที่ 3 วิธีการปลูกข้าวแบบนาหว่านข้าวแห้ง

ตำรับการทดลองที่ 4 วิธีการปลูกข้าวแบบนาโยน

3. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวในพื้นที่ 2 ตร.ม ต่อ 1 ซ้ำ 3 ซ้ำ ต่อ 1 ตำรับ จดบันทึกข้อมูลความสูง จำนวนหน่อ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดี ส่วนต้นทุนการผลิตเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการฯ ด้วยแบบสอบถาม

4. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และระยะเวลาทำการวิจัย

วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix Version 8 (Analytical Software, Inc.) ทำการวิจัยวันที่ 1 มิถุนายน 2555 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2556

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิจัยพบว่า ความสูง จำนวนเมล็ดข้าวต่อรวงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนจำนวนหน่อ น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แสดงดังแสดง Table 1 และต้นทุนการผลิตข้าวสันป่าตอง 1 ดัง Table 2

Table 1 The effect of different growing treatments on yield and yield components of Rice namely San-pah-tawng 1 variety.

Description	Yield and yield components				
	H (cm)	TN	SN	MSW	FSW
T1	119^{a}	450	139^{a}	1,974	711
T2	113^{a}	555	82^{b}	1,649	623
T3	101^{b}	572	92^{b}	1,545	549
T4	111^{ab}	443	154^{a}	1,861	660
F-test	*	ns	*	ns	ns
$LSD_{0.05}$	10.985	141.76	29.66	573.86	514.22
C.V.(%)	4.95	14.06	12.72	16.35	16.23

Means in the same column followed by the same letter are not significant difference (p<0.05) by DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ns = not significantly different * = significantly different T = Treatment

จาก Table 1 จะเห็นได้ว่าในตำรับ 1 ข้าวที่ปลูกแบบนาดำให้ความสูงมากที่สุด 119 ซม. ซึ่งเท่ากับฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวรับรองของไทย "พันธุ์ข้าวนาสวนไม่ไวต่อช่วงแสง สันป่าตอง 1" ว่าลักษณะประจำพันธุ์ข้าวพันธุ์นี้สูงประมาณ 119 ซม. แต่ไม่แตกต่างกันกับการปลูกแบบนาหว่านน้ำตม และแบบนาโยน (113 และ 111 ซม.) สำหรับการปลูกแบบนาหว่านข้าวแห้งต้นข้าวจะมีความสูงน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ 101 ซม. จำนวนหน่อพบว่า ทุกตำรับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ การปลูกแบบนาดำให้ 450 หน่อ แบบหว่านน้ำตม 553 หน่อ แบบนาหว่านข้าวแห้ง 572 หน่อ และแบบนาโยน 433 หน่อ ส่วนจำนวนเมล็ดต่อรวงข้าวพบว่า การปลูกแบบนาโยน 154 เมล็ด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับนาหว่านน้ำตมและนาหว่านข้าวแห้ง (82, 92 เมล็ด) แต่ไม่แตกต่างกับการปลูกแบบนาดำคือ 139 เมล็ด ส่วนน้ำหนักเมล็ดรวมและเมล็ดดีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยน้ำหนักเมล็ดรวมการปลูกแบบนาดำ นาหว่านน้ำตม นาหว่านข้าวแห้ง และนาโยน เท่ากับ 1,974 กรัม 1,861 กรัม 1,649 กรัม และ 1,545 กรัม และน้ำหนักเมล็ดดีของข้าวคือ การปลูกแบบนาดำ 711 กก.ต่อไร่ นาหว่านน้ำตม 623 กก.ต่อไร่ นาหว่านข้าวแห้ง 549 กก.ต่อไร่ และนาโยน 660 กก.ต่อไร่

Table 2 The effect was different treatments on production costs from questionnaire of Rice namely San-pah-tawng 1 variety.

Description	Production costs				
	Seed	Chemical Fertilizer + Pesticides	General wage	Rents Farm	Total
T1	130.-	1,767.-	2,300.-	-	4,197.-
T2	72.-	1,093.-	394.-	160.-	1,719.-
T3	57.-	1,183.-	279.-	-	1,519.-
T4	-	792.-	800.-	-	1,592.-

จาก Table 2 ต้นทุนการผลิตข้าวคือ การปลูกแบบนาดำ นาหว่านน้ำตม นาหว่านข้าวแห้ง และนาโยน เท่ากับ 4,197 บาท 1.719 บาท 1,519 บาท และ 1,592 บาทต่อไร่ ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกษตรกรทำตามวิถีการทำนาของตนเอง โดยเฉพาะวิธีการปลูก จะเห็นได้ว่า ต้นทุนที่ไม่มีค่าใช้จ่ายในตาราง เช่น ค่าเมล็ดพันธุ์ และค่าเช่านา ถึงแม้ว่าเกษตรกรจะเก็บเมล็ดพันธุ์เอง และเป็นเจ้าของนาเอง แต่จะต้องนำมาคิดในต้นทุนการผลิตด้วย แต่อย่างไรก็ตามการวิจัยครั้งนี้ เกษตรกรได้ดำเนินการปลูกตามถนัดของตนเอง ตามข้อตกลงที่เกษตรกรยังไม่รับคำแนะนำหรือองค์ความรู้จากนักวิชาการ โดยเฉพาะเรื่องปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อวิธีการปลูกและต้นทุนการผลิต

สรุปผล

วิธีการปลูกข้าวสันป่าตอง 1 ทั้ง 4 รูปแบบวิธีการในพื้นที่ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ คือ แบบนาดำ นาหว่านน้ำตม นาหว่านข้าวแห้ง และนาโยน ให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ต้นทุนการผลิตทั้ง 4 วิธีการปลูกใช้ต้นทุนการผลิตต่างกัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2556 ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มถ่ายทอดวิทยาการผลิตเมล็ดพันธุ์ดี ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น, 2556, ความรู้เรื่องข้าว การปลูกและการดูแลรักษา, [สืบค้น], http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/rice/plant/tamna-warn.html#b01 [27/ June/ 13]

ฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวรับรองของไทย, 2556, "พันธุ์ข้าวนาสวนไม่ไวต่อช่วงแสง สันป่าตอง 1" [สืบค้น], http://www.brrd.in.th/rvdb/index.php?option=com_content&view=article&id=89:san-pah-tawng-1&catid=34:non-photosensitive-lowland-rice&Itemid=55 [27/ June/ 13]

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2556, ข้าว, [สืบค้น], http://th.wikipedia.org/wiki/%E0% B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7 [25/ June/ 2013]

สมมาตร ทองใบ, 2551, การปลูกข้าวโดยวิธีโยนกล้า, สำนักส่งเสริมการเผลิตข้าว กรมการข้าว, [สืบค้น], http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/rice/plant/parachute.html [25/ June/ 13].

กรมการข้าว, 2556, สันป่าตอง 1 (San-pah-tawng 1) [สืบค้น], http://www.ricethailand.go.th/brrd/tech/SPT1.htm [25/ June/ 2013]

การเลี้ยงชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารในวุ้นอาหารสังเคราะห์

In vitro Culture of Water Onion (*Crinum thaianum*) Leaf Explants

รวิพรรณ วัฒนชลทิศ[1] จิรนันท์ วงศ์จิราษฎร์[2] ปกขวัญ หุตางกูร[3] และ อุทร ชิขุนทด[4]

Wattanachonlatid, R.[1], Wongjirad, J.[2], Hutangura, P.[3] and Chikhuntod, U.[4]

Abstract

The leaf explants were obtained from water onion (*Crinum thaianum*) grown in aquarium and from the *in vitro* cultured of bulblets. The leaf explants were cultured on ½ MS media supplemented with 0, 0.5, 1, 2 and 4 mg/L naphthalene acetic acid (NAA). The leaf explants from both resources were cut into pieces (1 cm in length). Then the explants were cultured in dark and light condition using leaf base and leaf apex and placed onto media in 3 manners (upright, adaxial down and abaxial down). It was found that the leaf explants, prepared from water onion grown in aquarium, gave no callus in all treatments after 60 days. In addition, the leaf explants grown in light condition became pale while explants in dark condition remained light green. However, the callus was obtained from leaf explants which prepared from bulblets *in vitro* culture. The result has shown that the explants grown on treatment C1 (cultured in dark condition, using leaf base positions, abaxial down and cultured on plant growth regulator-free medium) gave the highest amounts of callus. The average number of days for callus induction was 4 days. The percentage of callus induction was 100%. The callus formed was measured as 2.5 level.

Keywords: *Crinum thaianum*, leaf explants, callus

บทคัดย่อ

นำชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารที่ได้จากหัวที่เลี้ยงในตู้ปลา และจากหัวย่อยที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารสังเคราะห์ในสภาพปลอดเชื้อมาเลี้ยงในวุ้นอาหารสูตร ½ MS ที่เติม NAA ที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 1, 2 และ 4 มก./ลิตร เพาะเลี้ยงในที่มืดและสว่าง โดยใช้ตำแหน่งโคนและปลายใบ และการวางแบบปัก วางคว่ำ และวางหงายลงบนวุ้นอาหาร พบว่าหลังจากเลี้ยงได้ 60 วัน ชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารที่ได้จากหัวที่เลี้ยงในตู้ปลาไม่เกิดแคลลัสในทุกทรีทเมนต์ โดยใบที่เลี้ยงในที่สว่างจะมีสีซีดขาวกว่าใบที่เลี้ยงในที่มืด ส่วนชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารที่ได้จากหัวย่อยที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าชิ้นส่วนใบที่เลี้ยงบนทรีทเมนต์ C1 (ใช้ส่วนโคนใบ เลี้ยงในที่มืด วางชิ้นส่วนใบแบบหงาย และเพาะเลี้ยงในอาหารที่ไม่เติม NAA) ให้แคลลัสดีที่สุด โดยใช้เวลาในการเริ่มเกิดแคลลัสเฉลี่ย 4 วัน เกิดแคลลัส 100% แคลลัสที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับ 2.5 คะแนน

คำสำคัญ: พลับพลึงธาร ชิ้นส่วนใบ แคลลัส

คำนำ

พลับพลึงธารหรือหอมน้ำ จัดเป็นพืชน้ำอยู่ในวงศ์ Amaryllidaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Crinum thaianum* เป็นพรรณไม้น้ำเฉพาะถิ่นที่พบได้แห่งเดียวในประเทศไทยบริเวณจังหวัดระนองและพังงา ขยายพันธุ์โดยใช้หัวหรือเมล็ด ออกดอกในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมของทุกปี พลับพลึงธารจะขึ้นและเติบโตได้เฉพาะในแหล่งน้ำที่ใสสะอาดที่มีสภาพน้ำไหลตลอด พื้นเป็นดินร่วนปนทราย นอกจากนี้พลับพลึงธารยังมีประโยชน์หลายด้านคือ รากช่วยยึดเกาะป้องกันตลิ่งพัง ใบเป็นแหล่งอาหาร ที่หลบภัย และเป็นที่วางไข่ของสัตว์น้ำ นอกจากนี้ความสวยงามของใบและดอกยังทำให้บริเวณที่พืชชนิดนี้ขึ้นอยู่กลายเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญทำรายได้ให้กับคนในท้องถิ่น

ปัจจุบันพลับพลึงธารอยู่ในสถานะใกล้สูญพันธุ์จากผลกระทบของการขุดลอกคลองที่ส่งผลทำให้ระบบนิเวศในบริเวณที่พืชชนิดนี้ขึ้นอยู่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก อีกทั้งยังมีการลักลอบขุดหัวไปขายเพื่อใช้เป็นไม้ประดับตู้ปลา พลับพลึงธารจึงมีความเสี่ยงอย่างมากที่จะสูญพันธุ์ไปจากถิ่นอาศัยในธรรมชาติ

[1] **ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800**

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok. 1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารโดยใช้ตำแหน่งใบ การวางใบ และสภาวะที่เพาะเลี้ยงที่แตกต่างกันจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการขยายพันธุ์ เนื่องจากหัวของพลับพลึงธารมีจำนวนน้อยและอยู่ในสภาวะเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ จึงใช้ส่วนของใบที่มีจำนวนมากกว่า 20 ใบต่อ 1 หัว มาใช้ในการทดลอง เช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อรากดำใบยาว *Microsorium pteropus* (Blume) Ching ซึ่งเป็นพรรณไม้น้ำที่นิยมใช้เป็นไม้ประดับในตู้ปลาเหมือนกับพลับพลึงธาร โดยใช้ชิ้นส่วนใบของรากดำใบยาวซึ่งอยู่ในระยะใบอ่อนม้วน ใบอ่อน และใบแก่ พบว่าชิ้นส่วนใบอ่อนสามารถชักนำให้เกิดใบอ่อนได้ (รัฐภัทร์ และคณะ, 2553)

อุปกรณ์และวิธีการ

นำใบพลับพลึงธารจากหัวที่เลี้ยงในตู้ปลาที่มีอายุใกล้เคียงกัน (มากกว่า 6 เดือน) มาล้างด้วยน้ำประปาให้สะอาด ตัดแบ่งใบส่วนโคนและปลายให้มีความยาวประมาณ 8 ซม. แล้วนำไปฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยสารละลายคลอรอกซ์ 2% (available chlorine 0.105%) นาน 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อนาน 5 นาที จากนั้นฟอกฆ่าเชื้อครั้งที่สองด้วยสารละลาย เมอร์คิวริกคลอไรด์ 0.2% นาน 10 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที ตัดแต่งเนื้อเยื่อใบด้านข้างออกแล้วตัดชิ้นส่วนใบให้มีความยาวประมาณ 1 ซม. จากนั้นวางชิ้นส่วน 3 แบบ คือ แบบปัก คว่ำ และหงายในขวดที่มีวุ้นอาหารสูตร ½ MS ที่เติมผงถ่านกัมมันต์ 2 g/L ซูโครส 30 g/L วุ้น 0.9% และเติม NAA ความเข้มข้นต่างๆ กัน (0, 0.5, 1, 2 และ 4 mg/L) แล้วนำไปเพาะเลี้ยงในที่มืดและสว่าง รวมทั้งสิ้น 60 ทรีทเมนต์ (Table 1) ทำการทดลองทรีทเมนต์ละ 6 ซ้ำ บันทึกวันที่เริ่มเกิดแคลลัส จำนวนชิ้นส่วนใบที่เกิดแคลลัส แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส ปริมาณการเกิดของแคลลัสโดยกำหนดให้เป็นคะแนนการเกิด สีและลักษณะของแคลลัส สีของใบ และอัตราการรอดชีวิตของชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารเป็นเวลา 60 วัน ทำเช่นเดียวกับชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารที่ได้จากหัวย่อยที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารในสภาพปลอดเชื้อ แต่ไม่ต้องทำการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิว

ผลการทดลอง

เมื่อเพาะเลี้ยงนาน 60 วัน ชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารจากหัวที่เลี้ยงในตู้ปลาไม่เกิดแคลลัสในทุกทรีทเมนต์ โดยมีการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นส่วนใบที่เพาะเลี้ยงในที่สว่างเป็นสีขาวซีด และในที่มืดเป็นสีเขียวอ่อน ส่วนชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารจากหัวย่อยที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารในสภาพปลอดเชื้อสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสแบบหลวม (friable) ได้ (Figure 1 และ 2) โดยชิ้นส่วนใบที่เลี้ยงในทรีทเมนต์ C1 (ใช้ส่วนโคนใบ เลี้ยงในที่มืด วางชิ้นส่วนใบแบบหงาย และเพาะเลี้ยงในอาหารที่ไม่เติม NAA) (Table 2) ให้ผลการเกิดแคลลัสดีที่สุดโดยใช้เวลาในการเริ่มเกิดแคลลัสเฉลี่ย 4 วัน เกิดแคลลัส 100% แคลลัสที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับ 2.5 คะแนน (Figure 3 และ 4) ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดแคลลัสคือ ตำแหน่งใบส่วนโคน และสภาพการเพาะเลี้ยงที่ไม่มีแสง ส่วนการวางชิ้นส่วนใบนั้น การวางแบบคว่ำหรือหงายให้ผลต่อการสร้างแคลลัสไม่แตกต่างกัน แต่ให้ผลดีกว่าการปักชิ้นส่วนพืชในวุ้นอาหาร เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบเฉพาะทรีทเมนต์ที่ใช้ส่วนโคนใบมาเลี้ยงในที่มืดพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสถึง 81.11% ซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงโคนใบในที่สว่างที่เกิดแคลลัสเพียง 13.33% และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ส่วนปลายใบมาเพาะเลี้ยงในที่มืดพบว่าเกิดแคลลัสเพียง 13.33% และการเลี้ยงปลายใบในที่สว่างมีแคลลัสเกิดขึ้นเพียง 2.22% แต่เมื่อนำเฉพาะทรีทเมนต์ที่เพาะเลี้ยงใบส่วนโคนในที่มืด ใช้ตำแหน่งใบส่วนโคน วางใบ 3 แบบ (แบบคว่ำ แบบหงาย และแบบปัก) เติมสารควบคุมการเติบโตชนิด NAA ทุกความเข้มข้น (0, 0.5, 1, 2, 4 mg/L) มาเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า รูปแบบการวางชิ้นส่วนใบ (แบบคว่ำ และแบบหงาย) และความเข้มข้นของสารควบคุมการเติบโตชนิด NAA มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส วันแรกที่เกิดแคลลัส และค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนแคลลัส ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

วิจารณ์ผล

ชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารจากหัวที่เลี้ยงในตู้ปลาพบว่าไม่เกิดแคลลัสในทุกทรีทเมนต์ อาจเนื่องมาจากใบที่ใช้มีอายุมากเกินไป (มากกว่า 6 เดือน) ทั้งนี้เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่จะทำให้ความสามารถในการเจริญเติบโตลดลงจนเกิดการตายของเนื้อเยื่อบางส่วน ทำให้ส่วนประกอบต่างๆของพืชไม่สามารถกลับไปเจริญเติบโตได้เหมือนเดิม (สุมนทิพย์, 2541) นอกจากนี้ยังผ่านการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยละลายคลอรอกซ์ และเมอร์คิวริกคลอไรด์ จึงอาจทำให้เนื้อเยื่อบางส่วนถูกทำลายได้ เนื่องจากสารฟอกฆ่าเชื้อนอกจากจะมีผลในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แล้ว ยังมีผลต่อเนื้อเยื่อพืชด้วย ทำให้ ความสามารถในการเจริญลดลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ รัฐภัทร์ และคณะ (2553) ซึ่งพบว่าเมื่อฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนใบแก่ของรากดำใบยาวด้วยสารละลายคลอรอกซ์ และเมอร์คิวริกคลอไรด์ที่ความเข้มข้นสูงพบว่ามีอัตราการปนเปื้อนเพียง 10% แต่ก็มีอัตราการเจริญและพัฒนาเพียง 10% เช่นกัน แต่เมื่อลดความเข้มข้นของสารฟอกฆ่าเชื้อลง อัตราการเจริญของชิ้นส่วนพืชจะเพิ่มขึ้นเป็น 40% สำหรับชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารที่ได้จากหัวย่อยที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารในสภาพปลอดเชื้อสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ เนื่องจากชิ้นส่วนใบที่ใช้

มีอายุน้อยกว่าจึงทำให้เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดแคลลัสมากกว่า (รังสฤษดิ์, 2540) นอกจากนั้นยังไม่ต้องผ่านการฟอกฆ่าเชื้อเนื้อเยื่อจึงไม่ถูกทำลาย ส่วนการที่ชิ้นส่วนใบส่วนโคนมีความเหมาะสมต่อการชักนำแคลลัสกว่าส่วนปลาย เนื่องมาจากใบส่วนปลายมีระยะพัฒนาการทางสรีระวิทยาที่แก่กว่าใบส่วนโคน จึงทำให้โอกาสในการเกิดแคลลัสน้อยลง (สมปอง และคณะ, 2547) สำหรับรูปแบบการวางใบพลับพลึงธารที่เหมาะสมต่อการชักนำแคลลัส คือ การวางแบบคว่ำและแบบหงาย เนื่องจากชิ้นส่วนพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งตรงบริเวณรอยตัดสามารถสัมผัสกับอาหารได้มากกว่าการปักชิ้นส่วนลงบนวุ้นอาหารจึงทำให้สามารถดูดซับธาตุอาหารไปใช้ได้ดีกว่า ทำให้มีการสร้างแคลลัสขึ้นตรงบริเวณรอยตัดของชิ้นส่วนใบ (ลัดดาวัลย์, 2544) นอกจากนี้สารควบคุมการเติบโต NAA ทุกความเข้มข้น ที่เพาะเลี้ยงในที่มืด สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของนิจวรรณ (2545) ที่ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อใบอ่อนและข้อผักชีช้างในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม NAA ร่วมกับ BA ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1, 2 และ 4 mg/L เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในที่มืด พบว่า เนื้อเยื่อใบอ่อนและข้อที่เพาะเลี้ยงสามารถเกิดแคลลัสได้ในทุกสูตรอาหาร

สรุปผล

การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารที่ได้จากหัวที่เลี้ยงในตู้ปลาไม่เกิดแคลลัสในทุกทรีทเมนต์ เมื่อเลี้ยงนาน 60 วัน โดยใบที่เลี้ยงในที่สว่างจะมีสีซีดขาวกว่าใบที่เลี้ยงในที่มืด ส่วนชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารที่ได้จากหัวย่อยที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าการเพาะเลี้ยงในที่มืด ใช้ตำแหน่งใบส่วนโคน วางใบแบบหงายบนอาหารสูตร ½ MS ที่ไม่เติม NAA ให้ผลการเกิดแคลลัสดีที่สุด โดยใช้เวลาในการเริ่มเกิดแคลลัสเฉลี่ย 4 วัน เกิดแคลลัส 100% แคลลัสที่ได้อยู่ที่ระดับคะแนน 2.5

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นางสาวเอฏฐวรรณ ชมชื่น ที่อนุเคราะห์ใบพลับพลึงธารจากหัวย่อยที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารในสภาพปลอดเชื้อสำหรับใช้ในการทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

นิจวรรณ สนิทงาม, 2545, การชักนำพืชต้นใหม่ การแยกและเพาะเลี้ยงโปรโตพลาสต์จากใบสะเดาช้าง [*Azadirachta exceisa* (Jack) Jacobs], วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ, 2540, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช: หลักการและเทคนิค, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 219 หน้า.

รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์ กาญจนรี พงษ์ฉวี และ วรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย, 2553, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อรากดำใบยาว, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ลัดดาวัลย์ มูสิกะปาละ, 2544, การชักนำแคลลัส การแยกและเพาะเลี้ยงโปรโตพลาสต์จากใบพืชในสกุล *Garcinia* บางชนิด. วิทยานิพนธ์วิทยา-ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมปอง เตชะโต อาสลัน หิเล และ อิบรอเฮม ยีดำ, 2547, การชักนำเอ็มบริโอเจนิคแคลลัสและพืชต้นใหม่จากใบอ่อนปาล์มน้ำมันต้นโตที่ให้ผลผลิตดี วารสารสงขลานครินทร์ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี), ฉบับที่ 26, 5: หน้า 617-628.

สุมนทิพย์ บุนนาค, 2541, การเจริญเติบโตและฮอร์โมนพืช, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Figure 1 ลักษณะแคลลัสที่สร้างขึ้นตรงรอยตัดของชิ้นส่วนใบ เมื่อดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบประกอบ ที่กำลังขยาย 40X

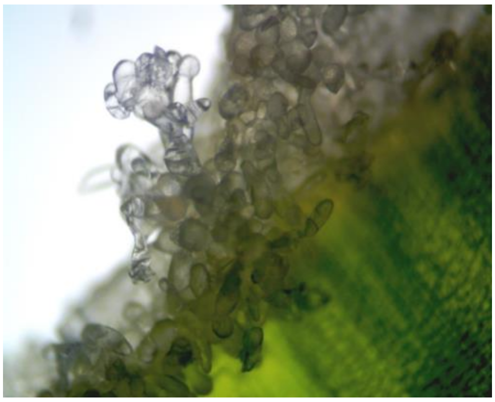


Figure 2 ลักษณะแคลลัส เมื่อดูภายใต้กล้องกล้องจุลทรรศน์แบบประกอบ ที่กำลังขยาย 100X

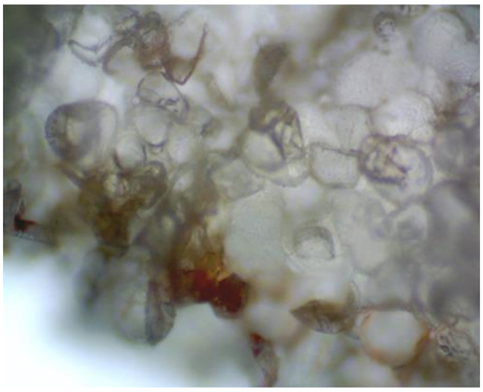
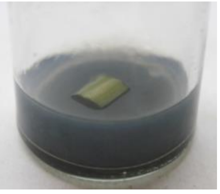
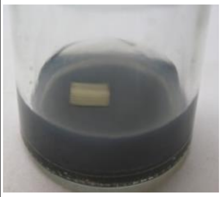
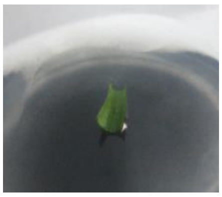


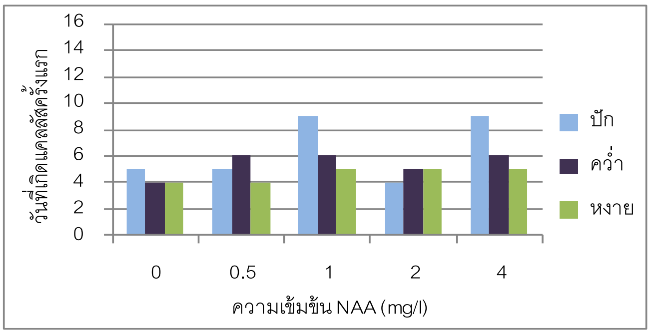
Table 1 การเลี้ยงชิ้นส่วนใบในทรีทเมนต์ต่างๆ

สภาวะแสง	ตำแหน่งชิ้นส่วนใบ	ลักษณะการวางบนอาหาร*	ความเข้มข้นของ NAA ที่เติมในวุ้นอาหาร (mg/L)				
			0	0.5	1.0	2.0	4.0
มืด	โคน	ปัก	A1	A2	A3	A4	A5
		คว่ำ	B1	B2	B3	B4	B5
		หงาย	C1	C2	C3	C4	C5
	ปลาย	ปัก	D1	D2	D3	D4	D5
		คว่ำ	E1	E2	E3	E4	E5
		หงาย	F1	F2	F3	F4	F5
สว่าง	โคน	ปัก	a1	a2	a3	a4	a5
		คว่ำ	b1	b2	b3	b4	b5
		หงาย	c1	c2	c3	c4	c5
	ปลาย	ปัก	d1	d2	d3	d4	d5
		คว่ำ	e1	e2	e3	e4	e5
		หงาย	f1	f2	f3	f4	f5

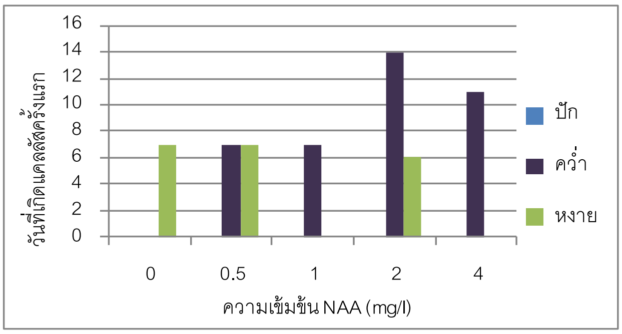
Table 2 ลักษณะชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารที่เลี้ยงในทรีทเมนต์ C1

ทรีทเมนต์	0 วัน	60 วัน
C1*		
C1**		

หมายเหตุ: *ชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารที่ได้จากหัวที่เลี้ยงในตู้ปลา **ชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารที่ได้จากหัวย่อยที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารในสภาพปลอดเชื้อ

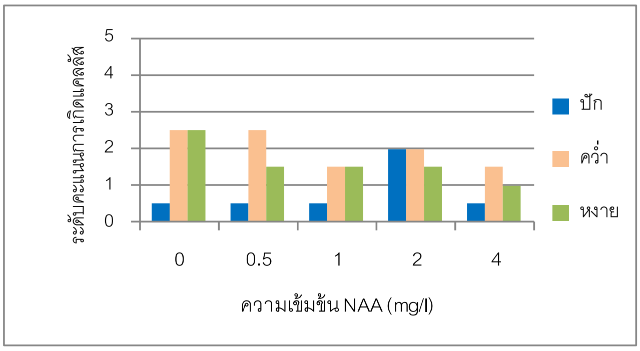


ส่วนโคน

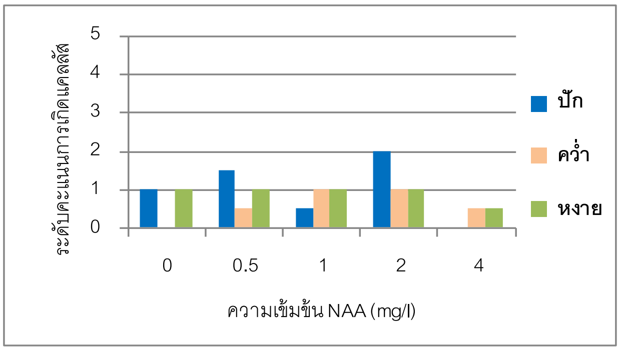


ส่วนปลาย

Figure 3 แสดงวันที่เกิดแคลลัสครั้งแรกเฉลี่ยของชิ้นส่วนใบพลับพลึงธาร**ส่วนโคนและส่วนปลาย**ที่ได้จากหัวย่อยที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารในสภาพปลอดเชื้อ ตามลักษณะการวาง (แบบปัก แบบคว่ำ และแบบหงาย) เมื่อเลี้ยงในวุ้นอาหารที่เติม NAA ความเข้มข้นต่างๆกัน ในที่มืดนาน 60 วัน



เลี้ยงในที่มืด



เลี้ยงในที่สว่าง

Figure 4 แสดงระดับคะแนนเฉลี่ยของการเกิดแคลลัสตามลักษณะการวางของชิ้นส่วนใบพลับพลึงธารส่วนโคนที่ได้จากหัวย่อยที่เลี้ยงบนวุ้นอาหารในสภาพปลอดเชื้อ **เมื่อเลี้ยงในที่มืดและที่สว่าง**

ผลของชนิดช่อดอกต่อความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรและการติดผลของส้มโอพันธุ์ ‘ทองดี’ ในช่วงการผลิตในฤดูกาล

Effect of Inflorescence Types on Pollen Viability and Germinability, and Fruit Set of ‘Thong Dee’ Pummelo during Regular Season

ดรุณี ถาวรเจริญ[1] พงษ์นาถ นาถวรานันต์[2] และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์[1]
Thawornchareon, D.[1], Nartvaranant, P.[2] and Thaipong, K.[1]

Abstract

There are several types of inflorescence in pummelo which may affect pollens and fruit set. Therefore, pollen viability, pollen germinability and fruit set of ‘Thong Dee’ pummelo flowered during regular season were studied in 5 inflorescence types: many flowers with many leaves, many flowers with no leaves, one or many flowers with few leaves, one flower with many leaves and one flower with no leaves. Viability test was done by a staining method using 1% acetocarmine and germination test was done by hanging drop technique with 10% sucrose. The results found that pollen viability and fruit set were affected by inflorescence type. Averaged pollen viability (%), pollen germinability (%) and fruit set (%) in many flowers with many leaves were 89.7, 16.4 and 35.0, in many flowers with no leaves were 94.8, 15.3 and 20.0, in one or many flowers with few leaves were 95.4, 18.0 and 30.0, in one flower with many leaves were 93.2, 11.1 and 20.0, and in one flower with no leaves were 94.4, 12.7 and 25.0%, respectively.

Keywords: *Citrus maxima* (Burm.) Merr., pollen, hanging drop technique, staining

บทคัดย่อ

ส้มโอมีช่อดอกหลายชนิด ซึ่งอาจมีผลต่อละอองเกสรและการติดผล จึงศึกษาความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร และการติดผลของส้มโอพันธุ์ ‘ทองดี’ ที่มีการผลิตในฤดูกาล ในช่อดอก 5 ชนิด ได้แก่ ช่อดอกที่มีหลายดอกหลายใบ ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกหรือหลายดอกแต่มี 2-3 ใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกหลายใบ และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ ทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสร โดยการย้อมด้วยสีอะซิโตคาร์มีนความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และทดสอบความงอกของละอองเกสรด้วยเทคนิคหยดแขวนในอาหารสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ชนิดช่อดอกมีผลต่อเฉพาะความมีชีวิตของละอองเกสรและการติดผล โดยช่อดอกที่มีหลายดอกหลายใบ ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกหรือหลายดอกแต่มี 2-3 ใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกหลายใบ และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ มีค่าเฉลี่ยความมีชีวิตของละอองเกสรเท่ากับ 89.7, 94.8, 95.4, 93.2 และ 94.4 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยความงอกของละอองเกสรเท่ากับ 16.4, 15.3, 18.0, 11.1 และ 12.7 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยการติดผลเท่ากับ 35.0, 20.0, 30.0, 20.0 และ 25.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: *Citrus maxima* (Burm.) Merr. ละอองเรณู เทคนิคหยดแขวน การย้อมสี

คำนำ

ส้มโอ [*Citrus maxima* (Burm.) Merr.] มีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะมาลายูและอินเดียตะวันออก จากนั้นแพร่กระจายไปสู่อินเดีย จีน และพื้นที่เขตร้อนทั่วโลกรวมถึงประเทศไทย (รวี, 2545) โดยแหล่งปลูกที่สำคัญในประเทศไทยอยู่ในเขตภาคกลาง คือ นครปฐม ราชบุรี และสมุทรสาคร พันธุ์ที่นิยมปลูกคือ พันธุ์ ‘ทองดี’ เนื่องจากส้มโอเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื้อผลมีกรดอินทรีย์ วิตามินซี บี แคลเซียมและฟอสฟอรัส ส้มโอจึงเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยส้มโอที่ปลูกในภาคกลางจะเริ่มออกดอกในฤดูกาลปกติระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม โดยเฉพาะในเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์จะออกดอกมากที่สุดเรียกว่าส้มปี นอกจากนี้ส้มโอยังมีการออกดอกมาประปรายในเดือน

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140
[2] โปรแกรมวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมจ.นครปฐม 73000
[2] Program of Agriculture, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000

อื่น ๆ เรียกว่าส้มทวายหรือส้มนอกฤดู ดอกเหล่านี้จะเจริญจนกระทั่งเก็บเกี่ยวได้ใช้เวลาประมาณ 8-9 เดือน โดยส้มในฤดูกาลปกติจะเก็บเกี่ยวประมาณเดือนสิงหาคมถึงกันยายน พืชวงศ์ส้มรวมทั้งส้มโอมีช่อดอกหลายชนิด โดยสามารถแบ่งชนิดช่อดอกของส้มโอตามเกณฑ์ของ Moss (1969) ได้ 5 ชนิด ดังนี้ ช่อดอกที่มีหลายดอกหลายใบ ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกหรือหลายดอกแต่มี 2-3 ใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกหลายใบ และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ โดยรัตวุฒิ (2553) รายงานว่าช่อดอกที่มีดอกจำนวนมากและมีใบน้อยมีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงสุด ซึ่งดอกที่มีลักษณะช่อดอกที่แตกต่างกัน อาจส่งผลต่อความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรต่างกัน และอาจมีผลทำให้เกิดการติดผลที่ต่างกันด้วย ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดช่อดอกต่อความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรและการติดผลของส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ที่มีการออกดอกในฤดูกาลปกติ

อุปกรณ์และวิธีการ

การประเมินความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร

นำดอกส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ในระยะดอกบานจากช่อดอก 5 ชนิด ได้แก่ ช่อดอกที่มีหลายดอกหลายใบ ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกหรือหลายดอกแต่มี 2-3 ใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกหลายใบ และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ จากสวนส้มโอเขตลุ่มน้ำนครชัยศรี อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ที่มีการออกดอกในช่วงฤดูกาลปกติ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม มาตรวจสอบความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรดังนี้

ทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสรด้วยวิธีการย้อมสี (staining method) โดยนำละอองเกสรจากดอกในระยะดอกบานมาย้อมด้วยสีอะซิโตคาร์มีน (acetocarmine) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ โดยหยดสีลงบนสไลด์เรียบ 1-2 หยด จากนั้นใช้ไม้จิ้มฟันเขี่ยที่ละอองเกสรนำมาแกว่งในสีย้อมให้ละอองเกสรกระจายทั่วสีย้อม ปิดด้วยแผ่นกระจกปิดสไลด์ (cover slip) โดยไม่ให้มีฟองอากาศ ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที เพื่อให้ละอองเกสรติดสีได้ดีขึ้น สุ่มตรวจนับการติดสีของละอองเกสรภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า ละอองเกสรที่ย้อมติดสีแดงเข้ม รูปร่างกลมโต ผิวเรียบ ไม่บิดเบี้ยว จัดเป็นละอองเกสรที่มีชีวิต สุ่มนับละอองเกสร 3 บริเวณ (microscopic field) ต่อ 1 สไลด์ จำนวน 30 สไลด์ต่อชนิดช่อดอก นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าความมีชีวิตของละอองเกสร มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

ทดสอบการงอกของละอองเกสรด้วยเทคนิคหยดแขวน (hanging drop technique) โดยใช้อาหารสังเคราะห์สำหรับเลี้ยงละอองเกสรสูตร Brewbaker และ Kwack (1963) ที่มีความเข้มข้นน้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์ โดยหยดอาหารสังเคราะห์ลงบน cover slip 1 หยด นำละอองเกสรจากดอกในระยะดอกบานมาใส่ลงในอาหาร ใช้ไม้จิ้มฟันเขี่ยเบา ๆ ให้ละอองเกสรกระจายทั่วหยดอาหาร จากนั้นนำ cover slip ปิดลงบนสไลด์หลุม โดยให้หยดอาหารอยู่ตรงกลางหลุม นำสไลด์ไปบ่มในภาชนะปิดที่ภายในมีกระดาษชุ่มน้ำอยู่ บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2°C) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (สายพรรณ, 2555) จากนั้นสุ่มนับจำนวนละอองเกสรที่งอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า ละอองเกสรที่จะนับว่างอกได้ต้องมีลักษณะของหลอดละอองเกสรสมบูรณ์ โดยมีความยาวของหลอดละอองเกสรไม่น้อยกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของละอองเกสร สุ่มนับละอองเกสรที่งอก 3 บริเวณต่อ 1 สไลด์ จำนวน 30 สไลด์ต่อชนิดช่อดอก นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าความงอกของละอองเกสร มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

การประเมินการติดผล

เลือกและติดสัญลักษณ์ช่อดอกส้มโอที่สมบูรณ์ทั้ง 5 ชนิดช่อดอก ช่อดอกละ 40 ช่อ หลังจากนั้น 3 เดือน ซึ่งเป็นระยะที่ผลส้มโอจะไม่หลุดร่วงอีก จึงติดตามข้อมูลการติดผล นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของจำนวนช่อที่ติดผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลค่าความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีการของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ในช่อดอก 5 ชนิด ประกอบด้วย ช่อดอกที่มีหลายดอกหลายใบ ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกหรือหลายดอกแต่มี 2-3 ใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกหลายใบ และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ พบว่า ทั้ง 5 ชนิดช่อดอกมีความมีชีวิตของละอองเกสรค่อนข้างสูง (≥ 89%) โดยช่อดอกที่มีหลายดอกหลายใบ มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 89.7% ส่วนช่อดอกชนิดอื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนี้ ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ

94.8% ช่อดอกที่มี 1 ดอกหรือหลายดอกแต่มี 2-3 ใบ 95.4% ช่อดอกที่มี 1 ดอกหลายใบ 93.2% และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ 94.4% (Table 1)

สำหรับความงอกของละอองเกสร พบว่า ทั้ง 5 ชนิดช่อดอก มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0% (P = 0.78) โดยแต่ละชนิดช่อดอกมีค่าความงอกของละอองเกสร ดังนี้ ช่อดอกที่มีหลายดอกหลายใบ 16.4% ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ 15.3% ช่อดอกที่มี 1 ดอกหรือหลายดอกแต่มี 2-3 ใบ 18.0% ช่อดอกที่มี1ดอกหลายใบ 11.1% และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ 12.7% (Table 1)

เมื่อเปรียบเทียบค่าความมีชีวิตกับค่าความงอกของละอองเกสร พบว่า ความมีชีวิตมีค่ามากกว่าความงอกในทุกชนิดช่อดอกมาก อาจเนื่องมาจากละอองเกสรบางส่วนที่มีชีวิตไม่สมบูรณ์เพียงพอที่จะงอกได้ แต่ยังมีระดับขององค์ประกอบทางเคมีสูงพอที่จะสามารถให้ผลทางบวกในการย้อมสีได้

จากการติดตามการติดผลของส้มโอพันธุ์ ‘ทองดี’ ทั้ง 5 ชนิดช่อดอก พบว่า ช่อดอกที่มีหลายดอกหลายใบ และช่อดอกที่มี 1 ดอกหรือหลายดอกแต่มีใบ 2-3 ใบ มีแนวโน้มติดผลมากกว่าช่อดอกชนิดอื่น ๆ โดยแต่ละชนิดช่อดอกมีค่าเฉลี่ยการติดผลดังนี้ ช่อดอกที่มีหลายดอกหลายใบ 35% ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ 20% ช่อดอกที่มี 1 ดอกหรือหลายดอกแต่มี 2-3 ใบ 30% ช่อดอกที่มี 1 ดอกหลายใบ 20% และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ 25% (Table 1) อย่างไรก็ตามข้อมูลการติดผลนี้เป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบการติดผลในระยะที่ผลส้มโอมีอายุ 3 เดือน หลังดอกบานแล้ว ซึ่งเป็นระยะที่ไม่มีการร่วงของผลอีก โดยผลระยะนี้มีขนาดประมาณ 0.5 กิโลกรัม ซึ่งจากการสังเกตการติดผลในระยะ 1-2 สัปดาห์แรกหลักดอกบาน พบว่า ทุกชนิดช่อดอกมีการติดผลสูงมาก ถึงแม้จะเป็นดอกย่อยในชนิดช่อดอกที่มีหลายดอกก็ตาม แต่หลังจากนั้นจะเกิดการร่วงเป็นจำนวนมาก คงเหลือแต่ผลจากดอกกลางเท่านั้น สอดคล้องกับงานของรัตวุฒิ (2553) ที่ทำการตรวจสอบการติดผลของส้มโอพันธุ์ ‘ทองดี’ ในช่วงฤดูกาลปกติ พบว่าในช่วงเดือนแรกมีการติดผลสูงถึง 100% หลังจากนั้นจะมีการหลุดร่วงจำนวนมาก การที่ผลจากดอกกลางมีการหลุดร่วงน้อยกว่าผลจากดอกข้าง อาจเป็นเพราะดอกกลางมีความสมบูรณ์มากกว่าและมีการบานก่อนดอกข้าง ทำให้มีโอกาสผสมเกสรและติดผลก่อน ผลจากดอกกลางจึงมีสภาพเป็น sink ที่แรงกว่า จึงมีความสามารถในการดึงอาหารไปใช้ได้มากกว่า จึงเกิดการหลุดร่วงน้อยกว่าดอกข้าง

การศึกษาของ Monselise (1986) ในพืชวงศ์ส้มพบว่าการร่วงของผลเกิดขึ้นสองบริเวณ คือ บริเวณรอยต่อระหว่างก้านผล (peduncle) กับกิ่ง จะเป็นการร่วงของผลในระยะ 2-3 สัปดาห์หลังจากดอกบาน ในขณะที่ผลที่มีอายุมากกว่า 4-5 สัปดาห์ การร่วงจะเกิดขึ้นบริเวณขั้วผลกับบริเวณก้านผล สาเหตุของการร่วงของผลคาดว่าเกี่ยวข้องกับปริมาณของฮอร์โมนหลายชนิด เช่น ABA ซึ่งจะพบมากในระยะผลส้มร่วง มีการทดลองฉีดพ่น ABA ซึ่งพบมากในระยะดอกบานพบว่ามีผลทำให้ผลร่วงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบว่า ABA มีผลทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ IAA ในบริเวณ abscission zone ซึ่ง IAA ชักนำให้เกิดการสร้างเอทธิลีน โดยเอทธิลีนจะกระตุ้นการทำงานของเอนไซน์ cellulase และ polygalacturonase เกิดขึ้นตรงบริเวณขั้วผลที่จะร่วง การที่ส้มโอพันธุ์ ‘ทองดี’ มีการหลุดร่วงสูง อาจเนื่องมาจากการมีอาหารสะสมภายในต้นที่ไม่เพียงพอ ซึ่งส่งผลให้มีการติดผลที่น้อยลง เช่นในงานวิจัยของ Chapman (1968) และ Malavolta (1992) พบว่า การเพิ่มปริมาณธาตุโพแทสเซียม ในใบพืชวงศ์ส้มประมาณ 1.5-1.7% จะช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตของพืชวงศ์ส้มให้สูงขึ้นได้

จากข้อมูลการติดผลที่พบว่าชนิดช่อดอกต่างกันมีแนวโน้มติดผลต่างกัน แต่ไม่พบว่าละอองเกสรมีค่าการงอกต่างกันนั้นแสดงว่าการที่ชนิดช่อดอกต่างกันติดผลต่างกันไม่ได้มีสาเหตุมาจากปัจจัยของละอองเกสร จึงควรมีการทดลองปัจจัยอื่น ๆ ที่เป็นไปได้ที่จะส่งผลให้ช่อดอกต่างกันติดผลต่างกัน เช่น ปริมาณอาหารสะสมของช่อดอก เป็นต้น

สรุปผล

จากการทดสอบความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรและการติดผลของส้มโอพันธุ์ ‘ทองดี’ ที่มีการผลิตในฤดูกาล ในช่อดอก 5 ชนิด ได้แก่ ช่อดอกที่มีหลายดอกหลายใบ ช่อดอกที่มีหลายดอกแต่ไม่มีใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกหรือหลายดอกแต่มี 2-3 ใบ ช่อดอกที่มี 1 ดอกหลายใบ และช่อดอกที่มี 1 ดอกแต่ไม่มีใบ พบว่า ชนิดช่อดอกมีผลต่อความมีชีวิตของละอองเกสรและการติดผล แต่ไม่มีผลต่อความงอกของละอองเกสร แสดงว่าการที่ชนิดช่อดอกต่างกันติดผลต่างกันไม่ได้มีสาเหตุมาจากปัจจัยของละอองเกสร โดยช่อดอกที่มีหลายดอกหลายใบและช่อดอกที่มี 1 ดอกหรือหลายดอกแต่มี 2-3 ใบ มีแนวโน้มติดผลมากกว่าช่อดอกชนิดอื่น ๆ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่สนับสนุนทุนวิจัย ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์ในการวิจัย และเกษตรกรผู้ปลูกส้มโอพันธุ์ 'ทองดี' ในเขตอำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างดอกและการปฏิบัติงานในสวน

เอกสารอ้างอิง

รัตวุฒิ พึ่งไทย, 2553, ลักษณะช่อดอกการติดผลของส้มโอพันธุ์ทองดี, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

รวี เสรฐภักดี, 2545, The pummelos and grapefruits, ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร "วิทยาการส้ม: ทางเลือกปัจจุบันสู่อนาคต" 24-28 มิถุนายน 2545, สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม ร่วมกับ คณะเกษตร และ ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม, หน้า 24-25.

สายพรรณ คำทิพย์, 2555, ผลของชนิดช่อดอกต่อความมีชีวิตและความงอกของละอองเรณูส้มโอพันธุ์ 'ทองดี', ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

Brewbaker, J.L. and Kwack, B.H., 1963, The Essential Role of Calcium Ion in Pollen Germination and Pollen Tube Growth, American Journal of Botany, 50: 859-865.

Chapman, H.D., 1968, The Mineral Nutrition of Citrus, In: The Citrus Industry, Revised edition, University of California Press. Berkeley. CA, p.127-289.

Malavolta, E.,1992, Leaf Analysis in Brazil-present and Perspectives, Proceeding of the Society of Citriculture 2: 570-574.

Monselise, S.P., 1986, Citrus, In: Handbook of Fruit set and Development, S.P. Monselise (ed.), Boca Raton, FL: CRC Press, p. 87-108.

Moss, G.I.,1969, Influence of Temperature and Photoperiod on Flower Induction and Inflorescence Development in Sweet Orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck), Journal of Horticultural Science, 44: 311-320.

Table 1 Pollen viability, pollen germination and fruit set in 5 inflorescence types of 'Thong Dee' Pummelo.

Inflorescence type	Pollen viability (%)	Pollen germination (%)	Fruit set (%)
Many flowers with many leaves	89.7 ± 5.2 b[1]	16.4 ± 14.3	35
Many flowers with no leaves	94.8 ± 2.6 a	15.3 ± 13.3	20
One or many flowers with few leaves	95.4 ± 1.9 a	18.0 ± 16.9	30
One flower with many leaves	93.2 ± 5.9 ab	11.1 ± 10.3	20
One flower with no leaves	94.4 ± 3.2 a	12.7 ± 11.8	25
P value	0.02	0.78	

[1] Means in the same column followed by different letters are significant by DMRT at $P < 0.05$.

ผลของดินขาว Kaolin ต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4
Effect of Kaolin Clay on the Quality of Mango Fruits cv. Nam Dok Mai No.4

ชลิดา ชลไมตรี[1] อรพิน เกิดชูชื่น[2] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1] เฉลิมชัย วงษ์อารี[1] และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1]

Cholmaitri, C.[1], Kerdchoechuen, O.[2], Jitareerat, P.[1], Wongs-Aree, C.[1] andUthairatanakij, A.[1]

Abstract

Pervious research has been reported the efficacy of kaolin clay on reducing pests and improving quality of many fruits. The major problem of mango after harvesting is anthracnose and stem end rot disease. Therefore, the objective of this research was to study the effect of kaolin clay spraying on the quality of mango fruits cv. Nam Dok Mai No.4. Mango trees were foliar sprayed with kaolin clay at 0 (control), 3 and 6%. Afterwards, the fruits were stored at 13°C. The result showed that mango trees foliar sprayed with kaolin clay at 3% had better yield and size was bigger than the control. The percentage of anthracnose disease incidence was highest in the control fruit (86.87) followed by 3% (80.00) and 6% (73.33) kaolin clay, respectively. The percentage of stem end rot of the control fruits and kaolin clay treated fruits at 3 and 6% were 73.33, 53.33 and 40.00%, respectively. In addition, the fruit sprayed with kaolin clay had higher firmness, total soluble solids (TSS), and ratio of total soluble solids and titratable acidity (TSS/TA) than the control fruits. There was a significant difference in the total chlorophyll content of mango peel in each treatment during storage. Mangoes sprayed with kaolin clay at 6% had the highest total chlorophyll content (4.57 mg/100g FW) followed by 3% kaolin clay (2.89 mg/100gFW) and the control (2.04 mg/100g FW), respectively.

Keywords: kaolin clay, quality, mango fruits cv. Nam Dok Mai No.4

บทคัดย่อ

จากงานวิจัยที่ผ่านมาดินขาว kaolin สามารถลดการเข้าทำลายของโรคและแมลง และมีผลต่อคุณภาพของผลไม้หลายชนิด ซึ่งปัญหาที่สำคัญของมะม่วงภายหลังการเก็บเกี่ยวคือโรคแอนแทรกโนสและโรคขั้วผลเน่า ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของดินขาว kaolin ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 3 และ 6 ต่อคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากผลการทดลองพบว่า ต้นมะม่วงที่พ่นด้วยดินขาว kaolin ร้อยละ 3 มีจำนวนผลผลิตและขนาดผลโดยเฉลี่ยมากกว่าชุดควบคุม และชุดควบคุมมีการเกิดโรคแอนแทรกโนสมากที่สุดเท่ากับ 86.87 รองลงมาคือต้นมะม่วงที่พ่นด้วย kaolin ร้อยละ 3 (80.00) และ 6 (73.33) ตามลำดับ สำหรับการเกิดโรคขั้วผลเน่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่ามะม่วงในชุดควบคุมมีร้อยละการเกิดโรคสูงที่สุดเท่ากับ 73.33 รองลงมาคือต้นมะม่วงที่พ่นด้วย kaolin ร้อยละ 3 (53.33) และ 6 (40.00) ตามลำดับ นอกจากนี้มะม่วงที่พ่นด้วย kaolin มีความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และอัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มากกว่าชุดควบคุม สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในเปลือก ผลมะม่วงในแต่ละทรีตเมนท์มีความแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา โดยต้นมะม่วงที่พ่นด้วยดินขาว kaolin ร้อยละ 6 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงที่สุด (4.57 mg/100g FW) รองลงมาคือต้นมะม่วงที่พ่นด้วย kaolin ร้อยละ 3 (2.89 mg/100gFW) และชุดควบคุม (2.04 mg/100g FW) ตามลำดับ

คำสำคัญ: ดินขาว kaolin คุณภาพ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถ.บางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntein Rd., Thakham, BangKhuntein, Bangkok. 10150

[2] สายวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถ.บางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150

[2] Division of Natural Resource Management, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntein Rd., Thakham, BangKhuntein, Bangkok. 10150

Introduction

Thailand mangoes have more problems of production than marketing. In particular, the problems of disease infection and insect infection have reduced the quantity and quality. Previous research has reported that kaolin clay (Surround® WP) sprayed on apple fruits against harmful pests, sunburn damage and heat stress (Glenn and Puterka, 2005) reduced solar injuries on apple fruit skins (Tworkoski *et al*., 2002), reduced leaf temperatures in apple trees and protected fruits from heat stress and solar injury (Wunsche et al., 2004). It also reduced the severity of sunburn damage in pomegranate fruits (Weerakkody *et al*., 2010). In addition, Wafaa (2002) observed that kaolin coated on cucumbers had decreased incidences of downy mildew disease and increased yields. Similarly, kaolin particle filmsprayed on 'Empire' apples increased the average fruit weight and red color development (Glenn *et al*., 2003). Therefore, the objective of this research was to study the effect of kaolin clay spraying on the quality of mango fruits cv. Nam Dok Mai No.4.

Materials and Methods

Mango cv. Nam Dok Mai No. 4 trees were selected for uniformity (10 years) from a Ratchaburi orchard. After a fruit set (40 days), the fruits and leaves were foliar sprayed with kaolin clay (Surround® WP) at 0 (control), 3 and 6% weekly using a commercial motor-driven 16 LModel N889 (10 L/tree) until a week before harvest. Fruits at commercial maturity were harvested and transported to the Postharvest Technology Laboratory at KMUTT, Bangkhuntien campus, Bangkok. Fruits free from defects and disease were selected, washed with 200 ppm sodium hypochlorite solution and dried. Fruits were packed in cardboard boxes and then stored at 13°C for 12 days. The experimental design was a completely randomized design (CRD) with 12 replications. The samples were randomly taken to measure the quality as follows:

Yield: fruits were weighed and divided into 4 sizes according to the Thai Agricultural Commodity and Food Standard (2003).

Disease incidence: the percentages of anthracnose and stem end rot disease incidences were assessed and calculated using the following formula:

$$\text{Disease incidence (\%)} = \frac{\text{Number of disease infected fruit} \times 100}{\text{Total number of fruits}}$$

Firmness: fruit were measured for flesh firmness using a texture analyzer (Model TA-XT2) with a probe 5 mm in diameter, a penetration depth of 5 mm and rate of penetration 1 mm/s. Measurements were made on one side of each fruit after removing a small piece of peel. The values were expressed in Newtons (N). The total soluble solids (°Brix) of the same fruits were determined with a hand-held refractometer, ATAGO® model PAL-1, and titratable aciditywas determined with 0.1 N of NaOHtitration (AOAC, 1990). Chlorophyll contents were determined using *N,N*-Dimethylformamide (AOAC, 1990).

Data were analyzed statistically by ANOVA and the significance of the differences between means was estimated by Duncan's new multiple range test (DMRT).

Results and Discussion

The result showed that mango fruit from the trees sprayed with kaolin clay at 3% had better yield and bigger size than 6% kaolin clay and the control (Table 1), respectively. Kaolin clay (Surround® WP) reduced the heat due to infrared and ultraviolet radiation reflection resulting in increased plant yields (Glenn and Puterka, 2005). The percentage of anthracnose disease incidence was highest in the control. On the 9th day of storage, disease incidence in the control was 86.87%, followed by 3% (80.00) and 6%(73.33) kaolin clay, respectively (Figure 1a). For, the percentage of stem end rot of mango fruit sprayed with kaolin clay at 6%, disease symptoms

were present on 9 days of storage and the control was highest until the end of storage. At 12 days of storage, the control and kaolin clay at 3 and 6% were 73.33, 53.33 and 40.00%, respectively (Figure 1b). Glenn *et al*. (1999) reported that kaolin films decreased the fungal and bacterial plant pathogens in pears. In addition, fruits sprayed with kaolin clay had higher firmness compared to the control at approximately 64.52-7.70 N (Figure 2a). Total soluble solids (TSS), the ratio of total soluble solids and titratable acidity (TSS/TA) increased until the end of storage (Figure 2b and 2c).This was similar to the result of Saavedra et al. (2006), which found higher soluble solid content in kaolin-treated tomato fruits compared to the control. Conversely, kaolin particle film delayed the reduction of soluble solids and titratable acidity of 'Galaxy' apple fruits (Ergun, 2012). There was a significant difference in total chlorophyll content during storage. At the end of storage, fruits sprayed with kaolin clay at 6% had the highest total chlorophyll content (4.57 mg/100g FW), followed by 3% kaolin clay (2.89 mg/100g FW) and the control (2.04 mg/100g FW), respectively (Figure 3). Tworkoski *et al*. (2002) indicated that the particle film type antitranspirant enhanced chlorophyll biosynthesis and increased the total chlorophyll content.

Summary

Mango trees foliar sprayed with kaolin clay at 3% had the best yield and size while mango fruits treated with kaolin clay at 6% had maintained quality of mango fruits cv. Nam Dok Mai No.4.

Acknowledgement

This work was supported by the Higher Education Research Promotion and Natural Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission.

Literature cited

AOAC, 1990, Method of analysis, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Ergun, M., 2012, Postharvest quality of 'Galaxy' apple fruit in response to kaolin-based particle film application, Journal of Agricultural Science and Technology, 14:599-607.

Glenn, D.M. and Puterka, G.J., 2005, Particle films: A new technology for agriculture, Horticultural Reviews, 31: 1–44.

Glenn, D.M., Erez, A., Puterka, G.J., Gundrum, P., 2003, Particle films affect carbon assimilation and yield in 'Empire' apple, Journal of the American Society for Horticultural Science, 128:356–362.

Glenn, D.M., Puterka, G.J., vanderZwet, T., Byers, R.E. and Feldhake, C., 1999, Hydrophobic particle films: A new paradigm for suppression of arthropod pests and plant disease, Journal of Economic Entomology 92:759-771.

Saavedra, Del, R.G., Escaff, M.G., Hernandez, J.V., 2006, Kaolin effects in processing tomato production in chile, Acta Horticulturae, 724:191–198.

Thai Agricultural Commodity and Food Standard, 2003, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Published in the Royal Gazette Vol.120 Section 145D, 19 December 2003.

Tworkoski T.J., Glenn D.M. and Puterka G.J., 2002, Response of bean to application of hydrophobic mineral particles, Canadian Journal of Plant Science, 82:217–219.

Wafaa, M. Haggag., 2002, Application of epidermal coating antitranspirants for controlling cucumber downy mildew in greenhouse, Plant Pathology, Bulletin, 11:69-78.

Weerakkody, P., Jobling, J., Infante, M.M.V. and Rogers, G., 2010, The effect of maturity sunburn and the application of sunscreens on the internal and external qualities of pomegranate fruit grown in australia, Scientia Horticulturae, 124(1):57-61.

Wunsche, N., Lombardini, L. and Greer, D.H., 2004, 'Surround' particle film applications: Effects on whole canopy physiology of apple, Acta Horticultural, 636:565-575.

Table 1 Effect of kaolin treatments on yield and size of mango fruits cv. Nam Dok Mai No.4. These mango fruits were harvested from the tree treat with kaolin of 0 (control), 3 and 6% weekly until a week before harvesting.

Treatments (% Kaolin)	Number of fruit yield[1] (4 trees/treatment)	Size (grade)			
		1 (>450 g)	2 (351-450 g)	3 (251-350 g)	4 (150-250 g)
0%	253c	0	36	168	49
3%	834a	1	85	627	121
6%	407b	0	36	287	84

[1]Means separation by Duncan's Multiple Range Test, p = 0.01. Values within a column that are followed by the same letter are not significantly different.

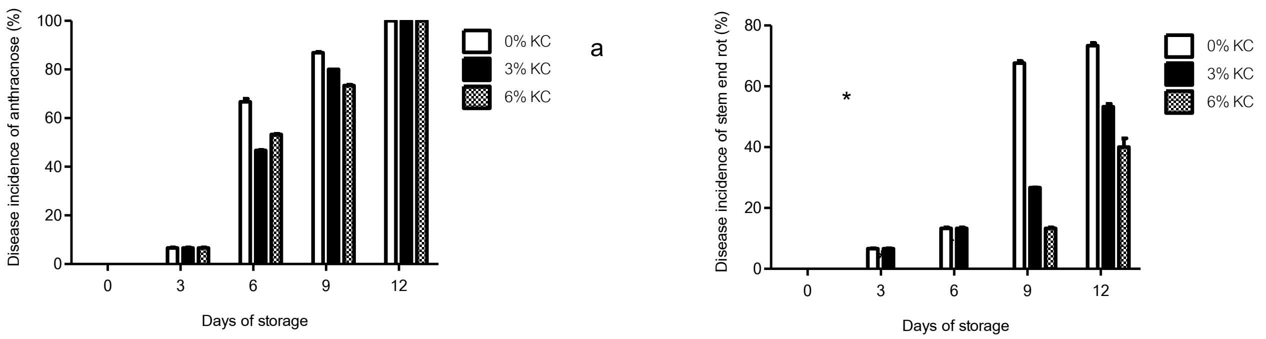


Figure 1 Disease incidence of anthracnose (a) and stem end rot (b) of mango fruits cv. Nam Dok Mai No.4 during storage at 13°C for 12 days. These mango fruits were harvested from the tree treat with kaolin of 0 (control), 3 and 6% weekly until a week before harvesting.

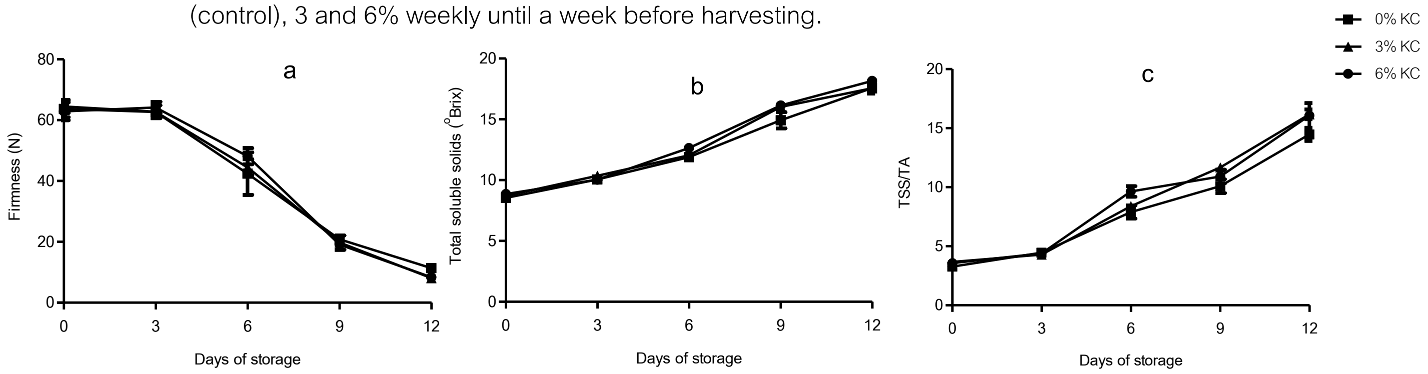


Figure 2 Firmness (a) total soluble solids (b) TSS/TA (c) of mango fruits cv. Nam Dok Mai No.4 during storage at 13°C for 12 days. These mango fruits were harvested from the tree treat with kaolin of 0 (control), 3 and 6% weekly until a week before harvesting.

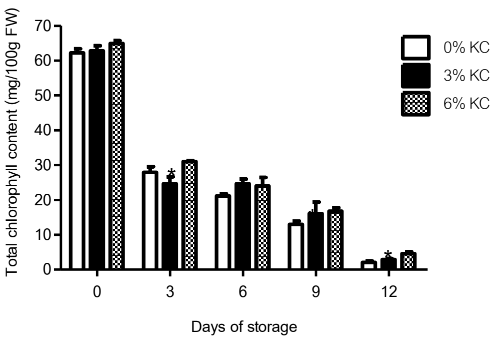


Figure 3 Total chlorophyll content of mango fruit peel cv. Nam Dok Mai No.4 during storage at 13°C. These mango fruits were harvested from the tree treat with kaolin of 0 (control), 3 and 6% weekly until a week before harvesting.

การตรวจวัดปริมาณแอคติวิตีสารลดความความดันโลหิตและสารต้านอนุมูลอิสระของไบโอแอคทีฟเพปไทด์จากเวย์โปรตีนไอโซเลทไฮโดรไลเซท

Determination of Antihypertensive and Antioxidant Activities of Bioactive Peptides from Whey Protein Isolate Hydrolysates

สุรพงษ์ พินิจกลาง[1] และ รัชนี ไสยประจง[1]
Pinitglang, S[1] and Saiprajong, R[1]

Abstract

Whey protein isolate hydrolysates were primarily used as nutritional and functional food applications. The purpose of this research was to investigate the effect of ficain, papain, trypsin, pepsin, serine proteinase from *Bacillus licheniformis* on enzymatic hydrolysis of whey protein isolate. Protein hydrolysates were separated by amicon centrifuge ultramembrane with molecular weight cut off 3 kDa resulting in fractions rich in bioactive peptides with potential to act as antihypertensive and antioxidant properties. Protein hydrolysates were determined molecular mass using Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight MALDI-TOF mass spectrometry analysis. The range of molecular mass spectra profiles of protein hydrolysates were comparable to ficain, papain, pepsin, trypsin, and serine proteinase from *Bacillus licheniformis* by enzymatic hydrolysis of whey protein isolate as 411-688, 400-1713, 414-2778, 408-1130, and 399-2088 dalton, respectively. Angiotensin-I converting enzyme inhibitory (ACEi) activity was observed as 92.01, 83.97, 89.91, 88.68, and 89.28% inhibition in the analyzed hydrolysates produced using a 60 min reaction time with ficain, papain, pepsin, trypsin, and serine proteinase from *Bacillus licheniformis*, respectively. The use of DPPH antioxidant activity method showed that the highest antioxidant capacity is obtained in the hydrolysates hydrolysed with trypsin as 76.58% of inhibition.
Keywords: antihypertensive, antioxidant, whey protein isolate hydrolysates, bioactive peptide

บทคัดย่อ

เวย์โปรตีนไอโซเลทไฮโดรไลเซทเป็นโปรตีนที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารอาหารและเป็นส่วนผสมในอาหารฟังก์ชั่น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการย่อยเวย์โปรตีนไอโซเลทด้วยเอนไซม์ไฟเซน ปาเปน ทริปซิน เพปซิน และเซรีนโปรติเนสจาก *Bacillus licheniformis* และศึกษาสมบัติของเวย์โปรตีนไอโซเลทไฮโดรไลเซทที่ได้ ทำการทดลองโดยนำเวย์โปรตีนไอโซเลทมาย่อยด้วยเอนไซม์ดังกล่าวข้างต้น จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปปั่นแยกโดยใช้ amicon centrifuge ultramembrane ที่มีขนาด 3 กิโลดาลตัน ได้โปรตีนไฮโดรไลเซทที่มีไบโอแอคทีฟเพปไทด์ปริมาณมากที่มีศักยภาพในการเป็นสารลดความดันโลหิตและสารต้านอนุมูลอิสระ การตรวจวัดมวลโมเลกุลของโปรตีนไฮโดรไลเซทโดยวิเคราะห์ Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF) พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากเอนไซม์ไฟเซน ปาเปน ทริปซิน เพปซิน และเซรีนโปรติเนสจาก *Bacillus licheniformis* มีน้ำหนักโมเลกุลในช่วง 411-688, 400-1713, 414-2778, 408-1130 และ 399-2088 ดาลตัน ตามลำดับ และเมื่อนำไปวิเคราะห์ angiotensin I-converting enzyme inhibitory (ACEi) activity พบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 92.01, 83.97, 89.91, 88.68 และ 89.28 ตามลำดับโดยใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์และเวย์โปรตีนไอโซเลท 60 นาที และเมื่อนำไปวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าไฮโดรไลเซทโปรตีนที่ได้จากทริปซินมีค่าสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 76.58
คำสำคัญ: สารลดความดันโลหิต สารต้านอนุมูลอิสระ เวย์โปรตีนไอโซเลทไฮโดรไลเซท ไบโอแอคทีฟเพปไทด์

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400
[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok,10400

บทนำ

เวย์โปรตีน คือ โปรตีนที่สกัดได้มาจากนมวัว โดยนำน้ำนมวัวที่คัดแยก จากกระบวนการทำเนยแข็งมาสกัดส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรต ไขมัน ออกให้เหลือส่วนที่เป็นโปรตีนบริสุทธิ์ที่เข้มข้น จากนั้นนำมาผ่านกระบวน การทำให้แห้งเพื่อให้อยู่ ในรูปผงพร้อมชงดื่ม ทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ 1. เวย์โปรตีน คอนเซนเตรท (Whey Protein Concentrate : WPC) 2 เวย์โปรตีน ไอโซเลต (Whey Protein Isolate : WPI) อุดมไปด้วยกรดอะมิโนครบถ้วนทั้ง 20 ชนิดมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนทั้ง 8 ชนิดที่ร่างกายสร้างเองไม่ได้ และ ยังมี Branched-chain amino acid (BCAA) สูง ซึ่งจะช่วยเพิ่มระดับ Growth hormone ช่วยเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนและไกลโคเจน เพื่อช่วยเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ และ WPC ยังมี Bioactive compound สูง ช่วยป้องกันการติดเชื้อและเพิ่มภูมิคุ้มกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาวิธีการผลิตเวย์เพปไทด์ โดยใช้เทคโนโลยีเอนไซม์โปรติเอส (Severin และ Xia, 2006; Pacheco และคณะ, 2002) นำเวย์เพปไทด์ที่ได้มาผ่านกระบวนการกรองผ่าน ultramembrane ที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาด 3 กิโลดาลตัน (Turgeon และ Gauthier, 2006) และศึกษาสมบัติทางชีวเคมีของเวย์ เพปไทด์ ได้แก่ Angiotensin converting enzyme Inhibitory Activity (Wang และคณะ, 2010; Vermeirssen และคณะ, 2005), Antioxidation Activity (Peña-Ramos และคณะ, 2004) และ Antimicrobial (Gobbetti และคณะ 2004; Benkerroum, 2010)

วิธีการทดลอง

ทำการย่อยเวย์โปรตีนไอโซเลทโดยใช้เอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ ได้แก่ ไฟเซน ปาเปน ทริปซิน เพปซิน และเซรีนโปรติเนสจาก *Bacillus licheniformis* ที่เวลาต่างๆ กัน ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นนำสารละลายเวย์เพปไทด์ที่ได้ไปปั่นแยกโมเลกุลสายสั้นโดยใช้ amicon centrifuge ultramembrane ที่มีขนาด 3 กิโลดาลตัน จะได้เวย์เพปไทด์ที่มีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 3 กิโลดาลตัน นำเวย์เพปไทด์ที่ได้มาวิเคราะห์ขนาดของมวลโมเลกุลโดยวิธี SDS-PAGE โดยใช้ Amersham ECL Gel Box และ Amersham ECL Gel ร้อยละ 10 ใช้กระแสไฟฟ้ากระแสตรง 160 โวลต์ ระยะเวลา 50 นาที เพื่อคัดเลือกภาวะที่เหมาะสมในการย่อย และวิธี Matrix-Assisted Lased Desorption/Ionization-Time of Fight Mass Spectrometry (MALDI-TOF Mass spectrometer) บริษัท Bruker Daltonics (Bremen, Germany) รุ่น Autoflex II โดยใช้ไนโตรเจนเลเซอร์ ที่ความยาวคลื่น 337 นาโนเมตร สารตัวอย่างผสมกับสารละลาย matrix (α-cyano-4-hydroxycinnamic acid) และใช้สารตัวอย่างปริมาตร 1 ไมโครลิตร ในการวิเคราะห์และใช้กระแสไฟฟ้า 20 kV Mass spectra วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ซอฟท์แวร์ Flex Analysis บริษัท Bruker Daltonics จากนั้นเวย์เพปไทด์ที่ได้ไปวิเคราะห์ angiotensin I-converting enzyme inhibitory (ACEi) activity โดยใช้ชุดทดสอบ ACE Kit-WST (Dojindo, Japan) และนำไปวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH โดยใช้ ascorbic acid เป็นสารมาตรฐาน (Thaipong และคณะ, 2006)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการย่อยเวย์โปรตีนไอโซเลทด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ พบว่าเอนไซม์ทุกชนิดสามารถย่อยเวย์โปรตีนไอโซเลทได้ดี โดยพบว่าเมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วย SDS-PAGE พบว่าเอนไซม์ไฟเซนและปาเปนจะย่อยเวย์โปรตีนได้ดีที่สุด โดยโปรตีนขนาดใหญ่จะถูกย่อยเป็นโมเลกุลเล็กๆ ในขณะที่เอนไซม์เพปซินจะย่อยเวย์โปรตีนไอโซเลทได้น้อยที่สุดเมื่อพิจารณาจาก SDS-PAGE พบว่ายังเหลือโปรตีนขนาดโมเลกุลใหญ่อยู่ (Figure 1)

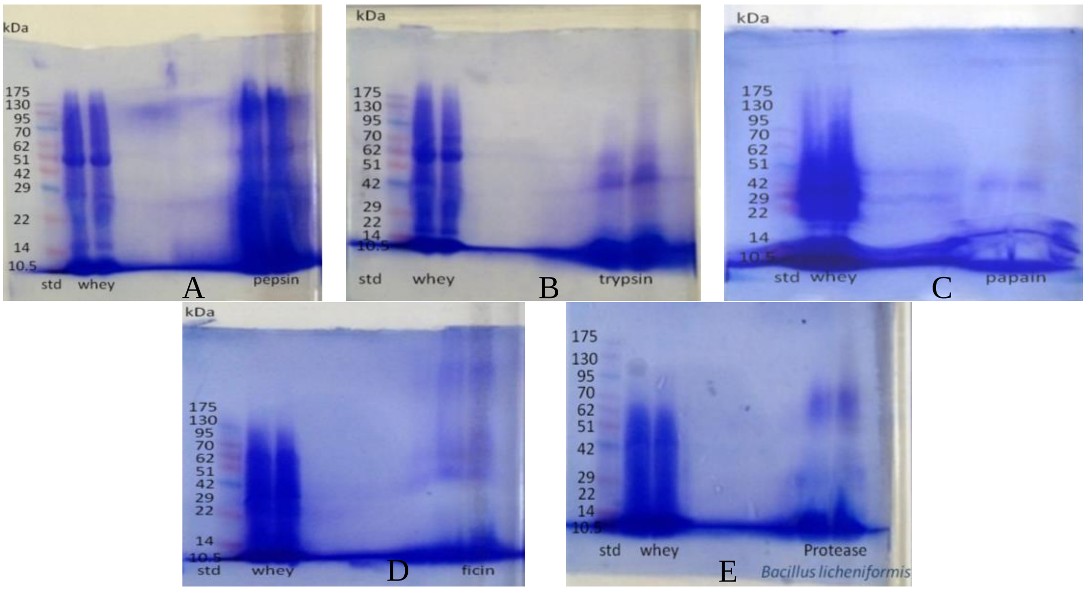


Figure 1 Enzyme catalysed hydrolysis of whey protein isolate, SDS-PAGE analysis was protein performed after incubation 1 hours at 37°C A; pepsin hydrolysis B; trypsin hydrolysis, C; papain hydrolysis, D; fician hydrolysis and E; Protease from *Bacillus licheniformis* hydrolysis

จากนั้นนำเวย์เพปไทด์ที่ได้ไปคัดแยกเพปไทด์ด้วย amicon ultramembrane ขนาด 3 กิโลดาลตัน และนำไปวิเคราะห์ขนาดโมเลกุลโดยวิธี MALDI-TOF Mass Spectrometry ผลการศึกษาพบความหลากหลายของเพปไทด์ในช่วงน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 399-2778 ดาลตัน ส่วนเพปไทด์ที่พบปริมาณมากที่สุดของเอนไซม์เพปซิน, ไฟเซน, ทริปซิน, ปาเปน และเซรีนโปรติเนสจาก *B. licheniformis* น้ำหนักโมเลกุลอยู่ที่ 1059, 477, 496, 437, และ437 ดาลตัน ตามลำดับ (Figure 2)

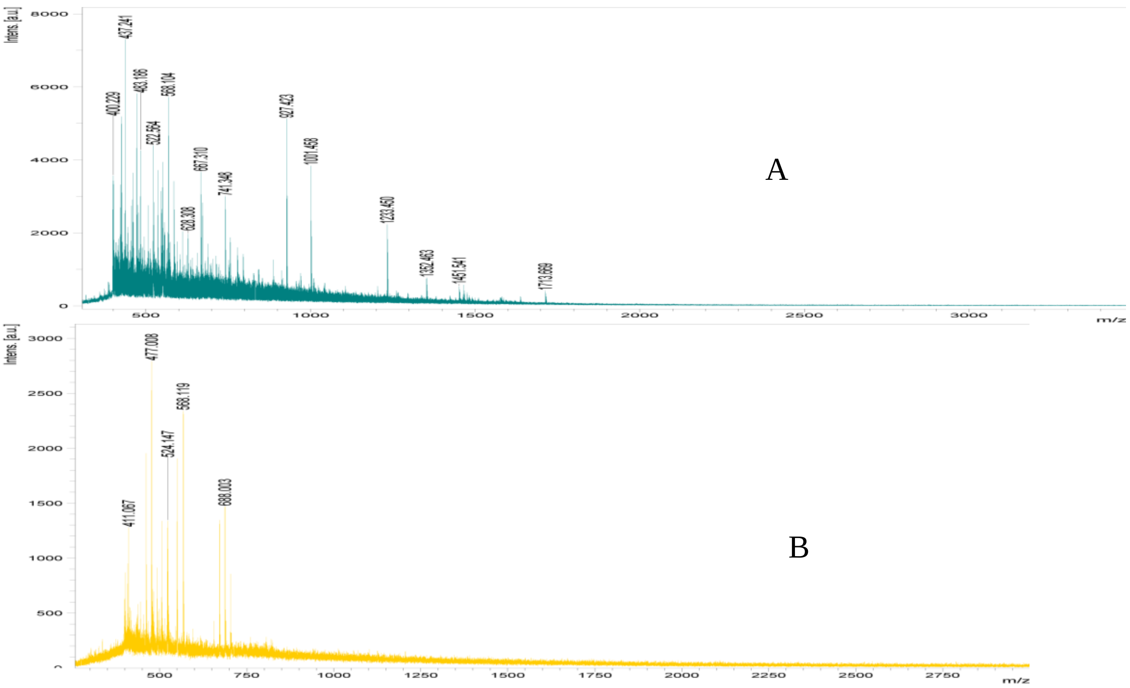


Figure 2 MALDI-TOF MS spectra of papain (A) and fician (B) catalysed hydrolysis of whey protein isolated.

จากการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ของเวย์เพปไทด์ที่ได้จากการย่อยโปรตีนเวย์ด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ ที่ผ่านการคัดแยกเพปไทด์ด้วย micon ultramembrane ขนาด 3 kDa พบว่าเพปไทด์ที่ได้จากการย่อยโปรตีนเวย์จากเอนไซม์ทริปซินจะให้ผลการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเท่ากับร้อยละ 76.58 และเอนไซม์ชนิดที่ให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุดคือเพปไทด์ที่ได้จากเอนไซม์โปรติเอสจาก *Bacillus licheniformis* เท่ากับร้อยละ 37.97 และจากการ

ทดสอบสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แองจิโอเทนซิน I (angiotensin I converting enzyme; ACE) พบว่าเวย์เพปไทด์ที่ได้จากเอนไซม์ไฟเซน มีการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แองจิโอเทนซิน I สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 92.01 รองลงมาคือ เพปซิน ร้อยละ 89.91, เซรีนโปรติเนสจาก *B.licheniformis* ร้อยละ 89.28, ทริปซิน ร้อยละ 88.68, และปาเปน ร้อยละ 83.97 ตามลำดับ

สรุปผล

จากการนำเวย์โปรตีนไอโซเลทมาย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ ได้แก่ ได้แก่ ไฟเซน ปาเปน ทริปซิน เพปซิน และเซรีนโปรติเนสจาก *Bacillus licheniformis* ที่เวลาต่างๆ กัน ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่าเอนไซม์ปาเปนและไฟเซนจะย่อยเวย์โปรตีนได้ดีที่สุด เมื่อทดสอบโดยวิธี SDS-PAGE ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถตรวจวัดน้ำหนักโมเลกุลได้ต่ำสุดจึงได้นำเพปไทด์มาวิเคราะห์ต่อด้วย MALDI-TOF Mass Spectrometry พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากเอนไซม์ไฟเซน ปาเปน ทริปซิน เพปซิน และเซรีนโปรติเนสจาก *B. licheniformis* มีน้ำหนักโมเลกุลในช่วง 411-688, 400-1713, 414-2778, 408-1130 และ 399-2088 ดาลตัน ตามลำดับ และเมื่อนำไปวิเคราะห์ angiotensin I-converting enzyme inhibitory (ACEi) activity พบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 92.01, 83.97, 89.91, 88.68 และ 89.28 ตามลำดับโดยใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์และเวย์โปรตีนไอโซเลท 60 นาที และเมื่อนำไปวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH พบว่าไฮโดรไลเซทโปรตีนที่ได้จากทริปซินมีค่าสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 76.58

เอกสารอ้างอิง

Benkerroum, N., 2010, Antimicrobial Peptides Generated from Milk Proteins: A Survey and Prospects for Application in the Food Industry. A review: International Journal of Dairy Technology, 63: 320–338.

Gobbetti, M., Minervini, F. and Rizzello, C.G., 2004, Angiotensin I-Converting-Enzyme-Inhibitory and Antimicrobial Bioactive Peptides, International Journal of Dairy Technology, 57: 173–188.

Pacheco, M.T.B., Amaya-Farfan, J. and Sgarbieri, V.C., 2002, Partial Characterization of a Whey Protein Concentrate and Its Enzyme Hydrolysates, Journal of Food Biochemistry, 26: 327–338.

Pena-Ramos, E.A., Xiong, Y.L. and Arteaga, G.E., 2004, Fractionation and Characterization for Antioxidant Activity of Hydrolysed Whey Protein, Journal of the Science of Food and Agriculture, 84: 1908–1918.

Severin, S. and XIA, W.S., 2006, Enzymatic Hydrolysis of Whey Proteins by Two Different Proteases and Their Effect on the Functional Properties of Resulting Protein Hydrolysates, Journal of Food Biochemistry, 30: 77–97.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne, D.H., 2006, Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC Assays for Estimating Antioxidant Activity from Guava Fruit Extracts, Journal of Food Composition and Analysis, 19: 669-675.

Turgeon, S.L. and Gauthier, S.F., 1990, Whey Peptide Fractions Obtained with a Two-Step Ultrafiltration Process: Production and Characterization, Journal of Food Science, 55: 106–110.

Vermeirssen, V., Van Camp, J. and Verstraete, W., 2005, Fractionation of Angiotensin I Converting Enzyme Inhibitory Activity from Pea and Whey Protein *In Vitro* Gastrointestinal Digests, Journal of the Science of Food and Agriculture, 85: 399–405.

Wang, L., Mao, X., Cheng, X., Xiong, X. and Ren, F., 2010, Effect of Enzyme Type and Hydrolysis Conditions on the *In Vitro* Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Activity and Ash Content of Hydrolysed Whey Protein Isolate. International Journal of Food Science and Technology, 45: 807–812.

การดัดแปรโปรตีนมะพร้าวด้วยเอนไซม์ I: สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และผลต่อการละลายโดยเปลี่ยนแปลง pH ของโปรตีนดัดแปร

Enzymatic Modification of Coconut Protein I: Its Bioactive Compounds and Effect on pH-Solubility Profile of the Modified Protein

สมฤดี ไทพาณิชย์[1] และ ปราณี อ่านเปรื่อง[1]
Thaiphanit, S.[1] and Anprung, P.[1]

Abstract

Coconut cream proteins from fresh coconut skimmilk (CCP1) and recovered coconut skimmilk from virgin coconut oil industry (CCP2) were extracted by acid precipitation at their isoelectric point (pH 4.0). The percentage of CCP1 and CCP2 were 6.12% and 3.82%, respectively. Results showed that CCP1 contained 60.44% protein whereas CCP2 contained 92.74% protein. Antioxidant activity values in CCP1 and CCP2 were 5,669 μM TE/g dry mass and 8,239 μM TE/g dry mass, respectively. Also found were total phenolics content of 540.17 and 824.05 μg gallic acid equivalents (GAE)/g dry mass, in CCP1 and CCP2 respectively. pH-solubility profiles of CCP1 and CCP2 having a U-shaped curve in which the minimum were around pH 4.0–5.0, and pH 3.0–5.0, respectively. In addition, solubility of CCP2 in the pH range of 3.5–7.0 was increased by using enzymatic depolymerization. However, pH-solubility profiles were similar to the reported shaped curve of the original proteins. These results confirm the interest of recovered coconut skimmilk from virgin coconut oil industry as source of high value protein products obtained after convenient protein extraction procedure and enzymatic modification.

Keywords: coconut, protein, enzymatic modification, antioxidant

บทคัดย่อ

ครีมโปรตีนมะพร้าวถูกสกัดออกจากหางกะทิสด (CCP1) และหางกะทิจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (CCP2) โดยการตกตะกอนด้วยกรด ที่จุดไอโซอิเลกทริกของโปรตีนมะพร้าว (pH 4.0) ได้ CCP1 และ CCP2 ร้อยละ 6.12 และ 3.82 ตามลำดับ พบว่า CCP1 ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 60.44 ในขณะที่ CCP2 ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 92.74 CCP1 และ CCP2 มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเท่ากับ 5,669 μM TE/g dry mass และ 8,239 μM TE/g dry mass ตามลำดับ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลใน CCP1 และ CCP2 ทั้งหมด 540.17 และ 824.05 μg gallic acid equivalents (GAE)/g dry mass ตามลำดับ การละลายโดยเปลี่ยนแปลง pH (pH-solubility profile) ของ CCP1 และ CCP2 มีลักษณะเป็นเส้นโค้งรูปตัวยู มีค่าต่ำสุดประมาณ pH 4-5 และ pH 3-5 ตามลำดับ นอกจากนี้การละลายของ CCP2 ในช่วง pH 3.5-7.0 เพิ่มขึ้นเมื่อมีการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ แต่ลักษณะการละลายโดยเปลี่ยนแปลง pH มีความคล้ายคลึงกับเส้นโค้งของโปรตีนเดิม ผลลัพธ์เหล่านี้ยืนยันความน่าสนใจของหางกะทิจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เพื่อเป็นแหล่งที่มาของผลิตภัณฑ์โปรตีนที่มีมูลค่าสูง หลังจากขั้นตอนการสกัดโปรตีนที่สะดวก และการย่อยสลายด้วยเอนไซม์

คำสำคัญ: มะพร้าว โปรตีน การดัดแปรด้วยเอนไซม์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Introduction

Cocos nucifera L., commonly referred to as coconut, is a widely cultivated in most tropical countries, as an important source of food. High-quality storage proteins of coconut, with superior essential amino acid composition, are easily digested and rich in all essential amino acids especially lysine, methionine and tryptophan (Smith *et al.*, 2009; DebMandal and Mandal, 2011). Moreover, the protein has characteristic as there is Arg in high level of average 14% of total protein content. This Arg has important role to promote health and prevent many

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok 10330

diseases (Salil *et al*., 2011). Although the coconut protein is an alternative protein for food and cosmetic applications as a source of protein nutrition and a source of bioactive peptides, it shows poor functional properties, especially protein solubility. For these problems, enzymatic treatments have special importance for the improvement of solubility of protein. This effect becomes significant even after very limited hydrolysis. It is generally admitted that a limited hydrolysis between 1% and 10% is needed (Vioque *et al*., 2000). This is related to the net charge present, which increases as a result of hydrolysis due to the liberation of amino or carboxyl groups (Damodaran and Paraf, 1997).

To date, no the literature has been reported about this technique to modify coconut proteins, especially recovered coconut skimmilk from by-product during commercial utilization of the valuable virgin coconut oil. Hence, we have investigated the possibility of extracting protein from the recovered coconut skimmilk from virgin coconut oil industry (CCP2) and characterized the extracted protein properties to compare the coconut cream proteins from fresh coconut skimmilk (CCP1). The effects of limited enzymatic hydrolysis by Flavorzyme™ on pH-solubility profiles of CCP2 were also evaluated.

Materials and Methods

Fresh coconuts were collected directly from the trees in Prachuapkhirikhan province, Thailand. The endosperm of each coconut was ground in a normal kitchen knife miller, and squeezed, with no water addition, in a pressing device. This led to a production of a full fat milk. The full fat milk and the recovered coconut skimmilk that was directly supported from the 100 Phan Ma-phrau Thai group were brought to centrifuge at 8,000 rpm, 20 min and 20°C. Skim milk and insoluble protein was collected. Then, coconut cream proteins, CCP1 and CCP2, were prepared by conventional isoelectric precipitation by 1 N HCl at pH = 4.0.

In proximate chemical compositions, moisture contents were determined by standard method and total protein by the Kjeldahl method, using a conversion factor of 6.25. The lipid contents were determined by the Soxhlet method. Coconut cream proteins extracts for total phenolics analysis and antioxidant activity analysis were prepared using the method of Maisuthisalul *et al*. (2007). The concentration of total phenolic compounds in the samples will be determined with the Folin–Ciocalteu assay (Boskou *et al*., 2006). The antioxidant activities were determined by the ABTS+ radical cation decolorisation assay as described by Re *et al*. (1999). Protein solubility profiles were obtained by traditional isoelectric precipitation. The protein solubility (PS) was calculated using the following expression: PS = 100 x PS/PT, where PS is the protein content remaining in the supernatant after centrifugation and filtration, and PT is the total protein content present in the original solution. Total and soluble proteins were determined using the Bradford method (Bradford, 1976).

In enzymatic modification, use an amount of substrate that gave protein at 8% (w/w) of the total reaction. For the hydrolysis by 0.5% FlavorzymeTM at pH 7.0, 50°C and 100 rpm, the hydrolysis was monitored during 1.5, 3.0 and 4.5 h. The degree of hydrolysis (DH) was determined by using Formol titration. Calculate DH of the substrate from the equation: $DH = [(B \times N_B) / \alpha \times MP \times h_{tot}] \times 100$. Where B is the volume (ml) of NaOH used for maintain the pH at 8.1 value, N_B is the normality of the base, α is the degree of dissociation of α-amino groups, 1.5 is $1/\alpha$, MP is the mass of protein (g), h_{tot} is the number of peptide bonds in the substrate (meqv/g protein), and h_{tot} is 7.8 (h_{tot} of soya protein) (Adler-Nissen, 1986).

All chemicals were analytical grade. Protease “FlavorzymeTM™” (500 U/g) from Novozymes was purchased from Roongsarp-chemical (Partnerships), Thailand. An analysis will be conducted in 3 replications. Data were evaluated for statistical significance ($p \leq 0.05$) using the SPSS package for Windows. Values were expressed as the mean ± standard deviation. The mean values were compared using ANOVA followed by Duncan’s multiple range test to determine differences between the means of the treatments.

Results and Discussion

In the present experiment, the percentage of CCP1 and CCP2 were 6.12 ± 0.20% and 3.82 ± 0.18%, respectively. The proximate chemical compositions of CCP1 and CCP2 are shown in Table 1. Major constituents of CCP1 and CCP2 were water and protein, and significant compositions were observed in the coconut cream proteins following different raw materials. The protein contents were higher in CCP2 than in CCP1 while the fat contents were higher in CCP1 than in CCP2. The high protein content (more than 90%) observed in CCP2 isolates is probably due to the prior extensive defatting of the recovered coconut skimmilk using re-centrifugation. On the other hand, the protein content obtained for CCP2 was similar to that reported by Rasyid *et al*. (1992). They note that the recovery of protein by centrifugal separation of coconut proteins from fully mature coconuts was 94%.

Table 1 Proximate compositions of coconut cream proteins

Constituents	CCP1	CCP2
Moisture (%)	40.02 ± 0.43[b]	46.57 ± 0.17[a]
Fat (%)	21.19 ± 1.01[a]	2.44 ± 0.10[b]
Protein (%wb)	36.25 ± 0.52[b]	49.55 ± 0.66[a]
(%db)	60.44 ± 0.40[b]	92.74 ± 1.24[a]

Means with the different letter in the column are significantly different at $P \leq 0.05$.

Antioxidant activity values in CCP1 and CCP2 were 5,669 ± 110.98 µM TE/g dry mass and 8,239 ± 153.38 µM TE/g dry mass, respectively. Also found were total phenolics content of 540.17 ± 19.22and 824.05 ± 16.50µg gallic acid equivalents (GAE)/g dry mass, in CCP1 and CCP2 respectively. Both bioactive properties antioxidant activity and total phenolic compounds were significantly higher in CCP2 than in CCP1. These differences in composition such as protein content could partly account for differences in the antioxidant activity. On the other hand, amino acids, peptides, and proteins contribute to the overall antioxidant capacity and significantly help reducing the free radical generation (DebMandal and Mandal, 2011). For this reason, antioxidant activity was higher in CCP2 than in CCP1 because the protein contents were higher in CCP2 than in CCP1,

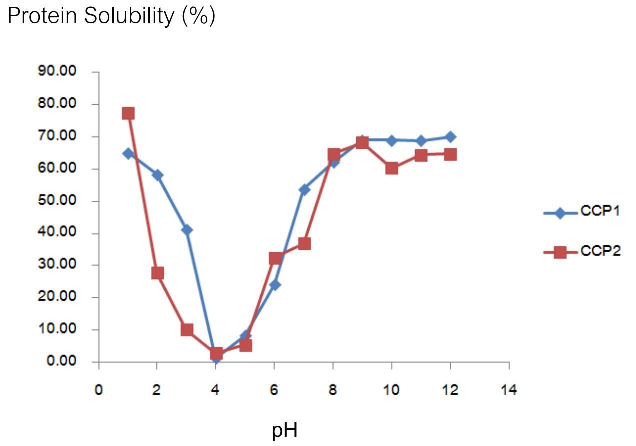


Figure 1 pH-solubility profiles of CCP1 and CCP2

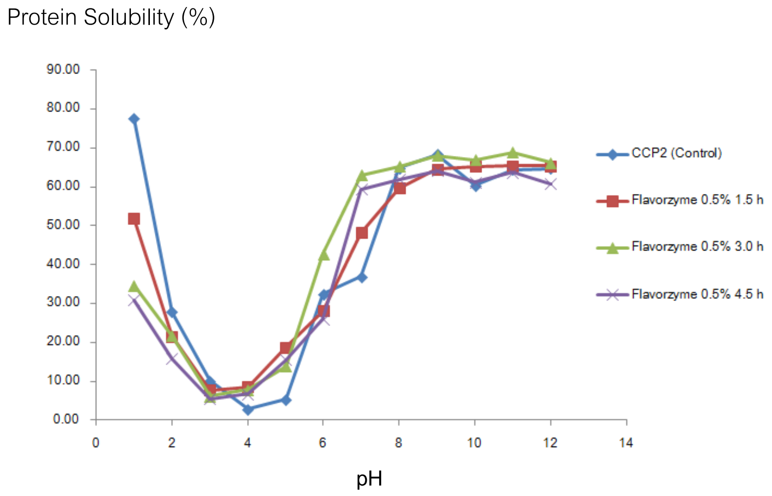


Figure 2 Effects of enzymatic modification of CCP2 on pH-solubility profiles

Figure 1 shows that pH-solubility profiles of CCP1 and CCP2 having a U-shaped curve in which the minimum were around pH 4.0–5.0, and pH 3.0–5.0, respectively. The general trends in the pH-solubility profiles were similar for all the hydrolysates, with the solubility having a U-shaped curve in which the minimum was around pH 3.0–5.0 as shows in Figure 2. The solubility of the hydrolysates decreased with increasing degree of hydrolysis from 3.61% to 4.63% at pH values below the pI, which is probably due to screening of the electrostatic attraction

between the protein molecules, while they increases at pH values above the pI because of the increase in electrostatic repulsion and ionic hydration forces between the protein molecules (Damodaran and Paraf, 1997). On the other hand, coconut protein hydrolysates solubility was slightly increased with increasing degree of hydrolysis from 3.61% to 4.63% at pH values close to the pI (pH 4.0-5.0), which can be attributed to screening of the electrostatic repulsion between protein molecules and to differences in molecular weights and functional groups.

Summary

This study has shown that the separation of coconut cream proteins from the recovered coconut skimmilk resulted in higher protein recovery compared to fresh coconut skimmilk. In addition, water solubility profiles of all hydrolysates in the pH range of 3.5–7.0 were enhanced by using Flavorzyme^{TM} at DH between 3.61% and 4.63%. However, pH-solubility profiles of the modified protein were similar to the reported shaped curve of the original proteins.

Acknowledgements

This research has been supported by the Ratchadaphiseksomphot Endowment Fund of Chulalongkorn University (RES560530047) and the 90th Anniversary of Chulalongkorn University fund.

Literature cited

Adler-Nissen, J., 1986, Enzymic hydrolysis of food proteins, New York: Elsevier.

Boskou, G., Salta, F.N., Chrysostomou, S., Mylona, A., Chiou, A. and Andrikopoulos, N.K., 2006, Antioxidant Capacity and Phenolic Profile of Table Olives from the Greek Market, Food Chemistry. 94: 558–564.

Bradford, M.M., 1976, Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding, Analytical Biochemistry, 72: 248–254.

Damodaran, S. and Paraf, A., 1997, Food Protein and Applications, Marcel Dekker, Inc, New York.

DebMandal, M. and Mandal, S., 2011, Coconut (*Cocos nucifera* L.: Arecaceae): In Health Promotion and Disease Prevention, Asian Pacific Journal of Tropical Medicine: 241-247.

Escobedo, M.R., Robles-Ramírez, M.C., Gallegos, R.E. and Alemán, R,R., 2009, Effect of Protein Hydrolysates from Germinated Soybean on Cancerous Cells of the Human Cervix: An *In Vitro* Study, Plant Foods for Human Nutrition, 64: 271–278.

Maisuthisalul, P., Suttajit, M. and Pongsawatmanit, R., 2007, Assessment of Phenolic Content and Free Radical-Scavenging Capacity of Some Thai Indigenous Plants, Food Chemistry, 100: 1409-1418.

Rasyid, F., Manullang, M. and Hansen, P.M.T., 1992, Isolation and Characterization of Coconut Protein, Food Hydrocolloids, 6: 301-314.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C., 1999, Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay, Free Radical Biology and Medicine, 26: 1231–1237.

Salil, G., Nevin, K.G. and Rajamohan, T., 2011, Arginine Rich Coconut Kernel Protein Modulates Diabetes in Alloxan Treated Rats. Chemico-Biological Interactions, 189: 107-111.

Smith, N., My Ha, N., Cuong, V.K., Thu Dong, H.T., Son, N,T., Baulch, B. and Le-Thuy, N.T., 2009, Coconuts in the Mekong Delta: An Assessment of Competitiveness and Industry Potential. [Online], Available: http://prosperityinitiative.org/images/stories/Coconuts_in_the_Mekong_Delta.pdf [2012, Jun 26].

Vioque, J., Sánchez-Vioque, R., Clemente, A., Pedroche, J. and Millan, F., 2000, Partially Hydrolyzed Rapeseed Protein Isolates with Improved Functional Properties, Journal of the American Oil Chemists Society, 77: 447–450.

การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อตรวจสอบลักษณะทนแล้งในปาล์มน้ำมัน

Development of Molecular Markers for Detection of Drought Tolerance in Oil Palm *(Elaeis guineensis* Jacq.*)*

มณีรัตน์ ส่งเกษรชาติ[1] พจมาลย์ สุรนิลพงศ์[1] และ สุวิทย์ วุฒิสุทธิเมธาวี[1]

Songkesornchart, M.[1], Suraninpong, P.[1] and Wutthisutimetawee, S.[1]

Abstract

Drought is the main factor affecting yield production in oil palm. The study of drought tolerant-associated genes in oil palm by single strand conformational polymorphism (SSCP) is a method leading to development of molecular markers which are specific to the drought. Genomic DNA was extracted from 17 varieties of oil palm leaves using modified method of Doyle and Doyle (1990). The extracted DNA was amplified with primers designed from 3 groups of drought tolerant genes in monocots plant from NCBI database naming proline, compatible organic solution and antioxidant. Three of fifty primers designed from choline monooxygenase, betain aldehyde dehydrogenase and dehydroascorbate reductase, could be amplify by PCR technique. However, after investigated these primes by SSCP technique, only one primer designed from choline monooxygenase gene could distinguish drought tolerance characteristic in oil palm varieties. Further, DNA banding from SSCP will select, sequence and develop as molecular markers for detection of drought tolerance in oil palm by using single nucleotide polymorphism (SNP).

Keywords: SSCP, SNP, oil palm, choline monooxygenase gene

บทคัดย่อ

ความแห้งแล้งเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน การศึกษายีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทนแล้งในปาล์มน้ำมันด้วยเทคนิค Single Strand Conformational Polymorphism (SSCP) เป็นวิธีการที่นำไปสู่การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลที่มีความจำเพาะต่อลักษณะทนแล้ง การสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างปาล์มน้ำมันทั้งหมด 17 สายพันธุ์ ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจาก Doyle and Doyle (1990) จากนั้นนำดีเอ็นเอที่ได้ไปทดสอบกับไพร์เมอร์ที่ออกแบบมาจากยีนที่ควบคุมลักษณะทนแล้งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จากฐานข้อมูล NCBI จำนวน 3 กลุ่ม คือ proline compatible organic solution และ antioxidant พบว่า มี 3 คู่ไพร์เมอร์ จาก 50 คู่ไพร์เมอร์ ที่ออกแบบจากยีน choline monooxygenase betain aldehyde dehydrogenase และ dehydroascorbate reductase ที่สามารถเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิคพีซีอาร์ได้ และเมื่อนำทั้ง 3 คู่ไพร์เมอร์ไปตรวจสอบด้วยเทคนิค SSCP พบว่า มีไพรเมอร์เพียง 1 คู่ไพร์เมอร์ ที่ออกแบบมาจากยีน choline monooxygenase ที่สามารถจำแนกความแตกต่างของลักษณะทนแล้งในสายพันธุ์ปาล์มน้ำมันได้ จากนั้นคัดเลือกแถบดีเอ็นเอจาก SSCP หาลำดับนิวคลีโอไทด์ และพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับตรวจสอบลักษณะทนแล้งในปาล์มน้ำมันด้วยเทคนิคสนิปส์

คำสำคัญ: SSCP สนิปส์ ปาล์มน้ำมัน ยีน choline monooxygenase

[1] สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161

[1] School of Agricultural Technology, Walailak University, Thasala, Nakhon Si Thammarat, Thailand, 80161

คำนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะทางภาคใต้ ปลูกมากในจังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูล และตรัง ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ เป็นพืชที่ต้องการน้ำและความชื้นในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ต้องการน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่า 2,000 มิลลิเมตรต่อปี และมีการกระจายตัวของฝนสม่ำเสมอตลอดปี น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน (กรมวิชาการเกษตร, 2547) การตอบสนองต่อสภาวะขาดน้ำของพืชโดยทั่วๆ ไป แสดงออกทั้งในระดับเซลล์ โมเลกุล ชีวเคมี และสรีรวิทยา กลไกต่างๆ ที่ทำให้พืชมีลักษณะทนต่อสภาพแห้งแล้งถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทนแล้งได้ 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มยีนที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันเซลล์จากสภาวะขาดน้ำ เช่น chaperons LEA proteins osmo-protectants detoxifying enzymes free radical scavengers และ protease ชนิดต่างๆ เป็นต้น และกลุ่มที่ 2 เป็นยีนที่ไปกระตุ้นการแสดงออกของยีนตัวอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อสภาวะขาดน้ำ เช่น transcription factors secondary messengers phophatases and kinases และ SOS kinases เป็นต้น (Shinozaki และ Yamaguchi-Shinozaki, 1997) อย่างไรก็ตามพบว่า การตอบสนองต่อสภาพทนแล้งของพืชมีความแตกต่างตามชนิด สายพันธุ์ และระยะการเจริญเติบโตของโตของพืช (Ludlow และ Muchow, 1990) ดังนั้นการพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลที่มีความจำเพาะกับยีนที่ควบคุมลักษณะทนแล้งในปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิค Single Strand Conformational Polymorphism (SSCP) ที่สามารถจำแนกความแตกต่างในลำดับเบสของดีเอ็นเอเพียงหนึ่งตำแหน่งได้ ก่อนนำไปพัฒนาต่อให้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลด้วยเทคนิคสนิปส์ จะเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถระบุลักษณะทนแล้งและไม่ทนแล้งของปาล์มน้ำมันสายพันธุ์การค้าได้

อุปกรณ์และวิธีการ

รวมรวมปาล์มน้ำมันสายพันธุ์การค้าทั้งหมด 17 สายพันธุ์ สกัดดีเอ็นเอจากใบอ่อนด้วยวิธีที่ดัดแปลงจาก Doyle และ Doyle (1990) นำดีเอ็นเอที่ได้มาเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิคพีซีอาร์ โดยใช้ไพร์เมอร์ของยีนที่มีความจำเพาะกับลักษณะทนแล้งที่ออกแบบจากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำนวน 3 กลุ่มยีน คือ proline compatible organic solution และ antioxidant จากลำดับเบสของยีนในฐานข้อมูล NCBI จากนั้นตรวจสอบความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอด้วยเทคนิค SSCP ซึ่งอ่านผลด้วย non-denaturing polyacrylamide gel

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการออกแบบไพร์เมอร์จากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว โดยการสืบค้นข้อมูลลำดับเบสจากฐานข้อมูล NCBI ของยีน 3 กลุ่ม พบยีนที่เกี่ยวข้องจำนวน 10 ยีน ได้แก่ ยีน choline monooxygenase betain aldehyde dehydrogenase pyrroline-5-carboxylate synthetase pyrroline-5-carboxylate reductase arginase, supperoxide dismutase ascorbate peroxidase dehydroascorbate reductase monodehydroascorbate reductase และ glutathione ซึ่งสามารถออกแบบไพร์เมอร์ได้ 50 คู่ไพร์เมอร์ เมื่อนำไปทำปฏิกิริยาพีซีอาร์กับตัวอย่างกับดีเอ็นเอปาล์มน้ำมันทั้ง 17 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ทนแล้งเบอร์ 1 - เบอร์ 8 (DT01-DT08) สายพันธุ์ไม่ทนแล้งเบอร์ 1 - เบอร์ 5 (ST01 - ST05) และสายพันธุ์ที่ไม่ระบุลักษณะทนและไม่ทนแล้งเบอร์ 1 - เบอร์ 4 (UN01 - UN04) สามารถให้ผลผลิตพีซีอาร์ที่ชัดเจนบนอะกาโรสเจลได้ 3 คู่ไพร์เมอร์ ซึ่งเป็นไพร์เมอร์ที่ออกแบบมาจากยีน choline monooxygenase betain aldehyde dehydrogenase และ dehydroascorbate reductase (Figure 1) แต่เมื่อนำผลผลิตพีซีอาร์ที่ได้จาก 3 คู่ไพร์เมอร์นี้ไปตรวจสอบความแตกต่างด้วยเทคนิค SSCP พบว่า สามารถตรวจสอบและแยกความแตกต่างได้เพียง 1 คู่ไพร์เมอร์เท่านั้น คือไพร์เมอร์ที่ออกแบบมาจากยีน choline monooxygenase และเมื่อวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ พบความแตกต่างของรูปแบบแถบดีเอ็นเอ 2 ตำแหน่ง สายพันธุ์ที่พบความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอ คือ สายพันธุ์ทนแล้งเบอร์ 1 2 และ 5 (DT01 DT02 และ DT06) (Figure 2) ทั้งนี้จะนำตัวอย่างที่พบความแตกต่างไปหาลำดับนิวคลีโอไทด์ตรวจสอบตำแหน่งที่แตกต่างกันเพียง 1 ตำแหน่งหรือสนิปส์ พร้อมทั้งออกแบบไพร์เมอร์ให้ครอบคลุมบริเวณตำแหน่งสนิปส์ก่อนจะนำไพร์เมอร์ดังกล่าว ไปตรวจสอบกับปาล์มน้ำมันสายพันธุ์การค้าต่อไป

จากการศึกษาพบว่า มีการนำเอาเครื่องหมายโมเลกุลที่พัฒนามาจากตำแหน่งสนิปส์มาใช้ในการแยกลักษณะทางพันธุกรรมของปาล์มน้ำมันแต่ละสายพันธุ์ที่มาจากสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันได้ (Cheng-Li และคณะ, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จีรภา และ วิภา (2012) ที่นำเทคนิค SSCP มาใช้ในการตรวจสอบลูกผสมใบบัวประดับและบัวหลวง โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของรูปแบบแถบดีเอ็นเอ ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาเป็นเครื่องหมายที่ใช้ระบุความเป็นลูกผสมทั้งในบัวหลวงและบัวประดับได้ อีกทั้งมีการพัฒนาเครื่องหมายสนิปส์ เพื่อใช้ในการตรวจสอบยีนที่เกี่ยวข้องกับความหอมในข้าวสวย

พันธุ์ต่างๆ ซึ่งพบว่ายีนดังกล่าวอยู่บนโครโมโซมู่ที่ 8 และในกลุ่มพันธุ์ข้าวหอม 11 สายพันธุ์ พบตำแหน่งสนิปส์ที่เป็นอัลลีล C 10 สายพันธุ์ อีก 1 สายพันธุ์เป็นอัลลีล T (Jin และคณะ, 2003) ดังนั้นเทคนิค SSCP และเครื่องหมายสนิปส์สามารถนำมาใช้พัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อใช้ในการตรวจสอบความเป็นลูกผสม และระบุลักษณะจำเพาะของสายพันธุ์ได้ เนื่องจากเทคนิคดังกล่าวนี้มีข้อดี คือ สามารถจำแนกจีโนไทป์ ที่เป็น homozygote และ heterozygote ออกจากกันได้ รวมทั้งสามารถแสดงให้เห็นรูปแบบการถ่ายทอดของอัลลีลได้ จึงสามารถตรวจสอบความเป็นลูกผสมและระบุความจำเพาะของพืชแต่ละสายพันธุ์ได้อย่างถูกต้อง

สรุปผล

การตรวจสอบไพร์เมอร์จำนวน 50 คู่ไพรเมอร์ ที่ออกแบบมาจากยีนที่เกี่ยวข้องลักษณะทนแล้ง 3 กลุ่ม จำนวน 10 ยีน พบไพร์เมอร์ 3 คู่ ที่ออกแบบจากยีน choline monooxygenase betain aldehyde dehydrogenase และ dehydroascorbate reductase สามารถเพิ่มปริมาณได้ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ แต่เมื่อใช้เทคนิค SSCP ตรวจสอบพบว่า มีเพียง 1 คู่ไพร์เมอร์ ที่ออกแบบมาจากยีน choline monooxygenase เท่านั้น ที่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ปาล์มน้ำมัน สายพันธุ์ทนแล้งเบอร์ 1 (DT01) เบอร์ 2 (DT02) และ เบอร์ 6 (DT06) ออกจากสายพันธุ์ไม่ทนแล้ง และสายพันธุ์อื่นๆ ได้ ทั้งนี้จะนำคู่ไพร์เมอร์ของยีน choline monooxygenase ไปพัฒนาเป็นเครื่องหมายโมเลกุล เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบลักษณะทนแล้งในปาล์มน้ำมันสายพันธุ์การค้าต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ บริษัท ทักษิณปาล์ม (2521) จำกัด อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี และมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, 2547, เอกสารวิชาการปาล์มน้ำมัน, กรุงเทพมหานคร, 188 หน้า.

จีรภา ดาทอง และ วิภา หงส์ตระกูล, 2012. การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อตรวจสอบพันธุ์ลูกผสมในบัวประกับและบัวหลวง, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Cheng-Li, L.O., Wen, O.P., Ithnin, M. and Singh, R. 2011. Discovery of Oil Palm SNPs their Application in the Characterization of Oil Palm Genetic Resources and Breeding Materials, eScience Project 02-03-11-SF0010.

Doyle, J.J. and Doyle, J.L. 1990, Isolation of Plant DNA from Fresh Tissue, FOCUS 1990, 12: 13-15.

Jin, Q., Waters, D., Cordeir, G.M., Henry, R.J. and Reinke, R.F., 2003, A Single Nucleotide Polymorphism (SNP) Marker Linked to the Fragrance Gene in Rice (*Oryza sativa* L.), Plant Science, 165: 359-364.

Ludlow, M.M. and Muchow, R.C., 1990, A Critical Evaluation of Traits for Improving Crop Yields in Water-limited Environments, Advances in Agronomy, 43: 107-153.

Shinozaki, K. and Yamaguchi-Shinozaki, K., 1997, Gene Expression and Signal Transduction in Water-stress Response, Journal of Plant Physiology, 115: 327-334.

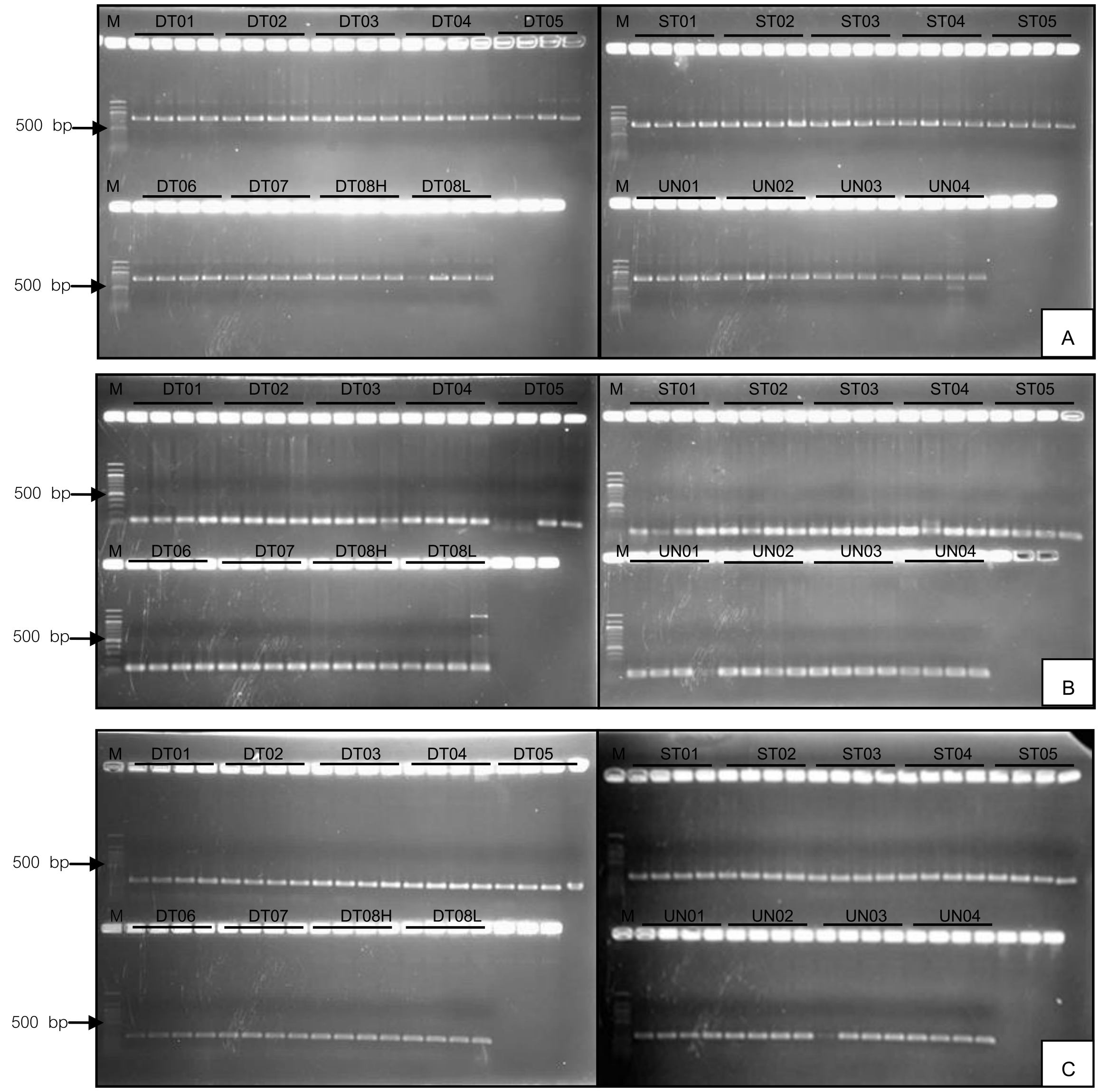


Figure 1 DNA fingerprint of oil palm samples specified to A. choline monooxygenase gene, B. betain aldehyde dehydrogenase gene and C. dehydroascorbate reductase gene (DT01- DT08L; drought tolerance, ST01-ST05; sensitive tolerance, UN01-UN04; unknown species, M: standard DNA marker)

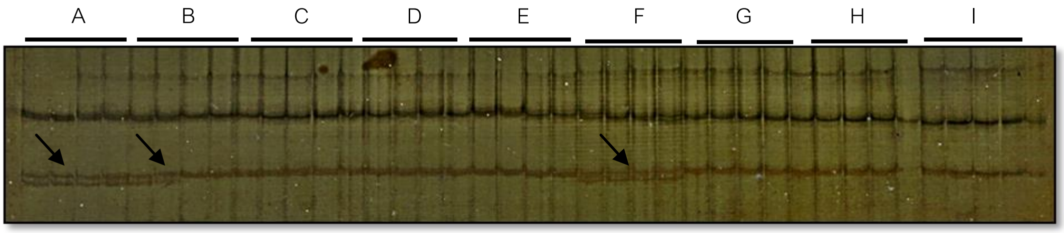


Figure 2 DNA fingerprints of oil palm samples from SSCP marker specified to choline monooxygenase gene. A= DT01, B= DT02, C= DT03, D= DT04, E= DT05, F= DT06, G= DT07, H= DT08H, I= DT08L

ผลของการเสริมผงเปลือกมะม่วงต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในคุกกี้

The Effects of Mango Peel Powder Supplementation on Antioxidant Capacity of Cookies

อินทิรา ลิจันทร์พร[1] อาภรณ์ สาระจันทร์[1] ภุมรินทร์ ขันสัมฤทธิ์[1] และ ผกาวรรณ วงศ์นิกร[1]

Lichanporn, I.[1], Sarachan, A.[1], Khansamlit, P.[1] and Vongnikorn, P.[1]

Abstract

This research aimed to investigate the effects of mango peel powder supplementation on antioxidants content of cookies by adding mango peel powder at 0, 10, 20, 30 and 40%. The addition of mango peel powder to cookies resulted in decreased L* values. Cookies with mango peel powder supplementation at 40% had higher total phenolic compounds and antioxidant content than cookies with mango peel powder at 0, 10, 20 and 30%, respectively. The cookies were stored at room temperature (30-35 ºC) for a period of 4 weeks total phenolic content and antioxidant capacity increased after the first week of storage. Cookies without mango peel powder had lower total phenol content and antioxidant capacity than the cookies supplemented with mango peel powder after 3 weeks of storage. Cookies with and without mango peel powder did not differ in total phenol content and antioxidant capacity after week four. The, L* value decreased during storage, especially in the 40% mango peel powder cookies.

Keywords: mango peel power, antioxidant, cookies

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมผงเปลือกมะม่วงต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในคุกกี้ โดยเสริมปริมาณผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 จากผลการทดลองพบว่า คุกกี้ที่เสริมผงเปลือกมะม่วงมีสีคล้ำขึ้น (L*) คุกกี้ที่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 40 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าคุกกี้ที่มีปริมาณผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ตามลำดับ และเมื่อนำคุกกี้มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-35 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น มากกว่าสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา โดยคุกกี้ที่ไม่เสริมผงเปลือกมะม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและการยับยั้งอนุมูลอิสระน้อยกว่าการเสริมผงเปลือกมะม่วงทุกความเข้มข้นหลังจากเก็บรักษานาน 3 สัปดาห์ คุกกี้ทั้งที่เสริมและไม่เสริมผงเปลือกมะม่วงมีการยับยั้งอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน ในสัปดาห์ที่ 4 ในขณะที่ค่า L* ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ โดยเฉพาะคุกกี้ที่เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 40 มีค่า L* ลดลงมากที่สุด

คำสำคัญ: เปลือกมะม่วงพันธุ์ฟ้าลั่น สารต้านอนุมูลอิสระ คุกกี้

คำนำ

มะม่วงพันธุ์ฟ้าลั่นเป็นมะม่วงที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน และสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดผลใช้รับประทานดิบ มีลักษณะอ้วนกลมปลายผลแหลม ซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์อย่างเห็นได้ชัด มีรสมันตั้งแต่ผลยังอ่อน เปลือกหนา แต่ไม่เหนียว ผิวเปลือกเป็นสีเขียวเข้ม ผลสุกเปลือกมีสีเขียวปนเหลือง (ชิดชนก, 2542) ประโยชน์เปลือกมะม่วงดิบ เปลือกมะม่วงเป็นแหล่งที่ดีของสารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติ เช่น polyphenols และ flavones สารเหล่านี้จัดว่าเป็นสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพและมีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง และมีผลต่อการลดระดับคลอเรสเตอรอล (วิจิตร, 2526)

คุกกี้เป็นขนมอบชนิดหนึ่ง ที่มีขนาด รูปร่าง กลิ่น รส แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของคุกกี้แต่ละชนิด ลักษณะกรอบร่วนเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดพอคำหรือหยิบกัดได้สะดวก มีรสหวาน บางชนิดใช้พิมพ์ตัดเป็นรูปต่างๆ และตกแต่งด้วยน้ำตาลอย่างสวยงาม บางชนิดมีรูปร่าง รสชาติ แตกต่างกันสามารถเก็บไว้ได้นานกว่าขนมชนิดอื่นๆ ส่วนผสมของคุกกี้ประกอบด้วย แป้งสาลี เนย น้ำตาล ไข่ นม และส่วนผสมอื่นๆ เช่น ผลไม้เชื่อมแห้ง เมล็ดผลไม้เป็นต้นซึ่งให้สารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เพราะแป้งและน้ำตาลเป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต นมและไข่เป็นสารอาหารประเภทโปรตีน และไขมันเนยเป็น

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala Unieverisity of Technology Thanyaburi

สารอาหารประเภทไขมันที่ให้พลังงาน คุกกี้ที่นิยมใช้เป็นขนมของขวัญ เพราะเก็บไว้ได้หลายวัน คุกกี้นิยมใช้จัดเลี้ยงในงานโอกาสพิเศษเช่น เลี้ยงน้ำชา กาแฟ เพราะเป็นขนมที่ทำได้ง่าย รสชาติอร่อย มีหลายรูปแบบ และสะดวกในการพกพาติดตัวไปด้วย (จิตธนา และ อรอนงค์, 2539)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณของผงเปลือกมะม่วงที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้ และเพื่อระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของคุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วง

อุปกรณ์และวิธีการ

เปลือกมะม่วงพันธุ์ฟ้าลั่นสด (จากตลาดสี่มุมเมือง) ล้างด้วยน้ำเปล่า 2 ครั้ง และล้างด้วยสารละลายด่างทับทิม และสารละลายคลอรีน 10 ppm. จากนั้น หั่นเป็นชิ้นเล็กๆแล้วผึ่งไว้ นำมานวด 10 นาที หมัก 1 ชั่วโมง อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 15 ชั่วโมง และทำการบดจนเป็นผงผสมลงในส่วนผสมคุกกี้ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง จากนั้นนำไปใช้ในการศึกษาปริมาณของผงเปลือกมะม่วงที่เหมาะสมในการผลิตคุกกี้และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพด้านสี (Minolta Color Reader CR-10) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ดัดแปลงจาก วิไลพร (2551) โดยนำคุกกี้ 10 กรัม ผสมกับเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เขย่านาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปั่นเหวี่ยงที่ 6000 รอบ/นาที นาน 15 นาที ปิเปตส่วนใสมา 1 มิลลิลิตร เติม Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร . เติม sodium carbonate ร้อยละ 10 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และบ่มที่อุณหภูมิตู้เย็นนาน 1 ชั่วโมง วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เปรียบเทียบผลโดยใช้กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก และฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น ดัดแปลงจาก บังอร และ ศิริลักษณ์ (2549) โดยนำคุกกี้ 10 กรัม เติมเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปเขย่านาน 1 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำส่วนใสที่ได้ไปปั่นเหวี่ยง 6000 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 15 นาที ปิเปตส่วนใส 100 ไมโครลิตร เติมสารละลาย DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryhydrazyl) 200 ไมโครลิตร เติมเอทานอลจนครบ 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มในที่มืดระยะเวลา 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นต่อ DPPH รายงานในรูปของเปอร์เซ็นต์ (% inhibition)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเสริมผงเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์คุกกี้ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 พบว่าการเสริมผงเปลือกมะม่วงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) น้อยลง และเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 4 สัปดาห์ พบว่าคุกกี้มีสีคล้ำขึ้น โดยเฉพาะคุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 40 มีค่าความสว่างน้อยที่สุด คือ 48.83 ในขณะที่คุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 มีค่าความสว่างมากที่สุด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณผงเปลือกมะม่วงเพิ่มขึ้น และเมื่อเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นมากกว่าสัปดาห์แรก โดยคุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 40 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 58.83 mg GAE/100 g ในขณะที่คุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 มีปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมดต่ำสุด โดยการเพิ่มปริมาณผงเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์คุกกี้ ส่งผลให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 2 และลดลงในสัปดาห์ที่ 3 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารประกอบฟีนอลิกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เช่น มีการสังเคราะห์ และการสลายตัว ซึ่งในการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกมีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง คือ แสง อุณหภูมิ คาร์โบไฮเดรตภายในเซลล์ แร่ธาตุ และ น้ำ ซึ่งการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงเป็นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติที่อยู่ในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส และภาชนะที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงเป็นแบบโปร่งแสง ซึ่งลักษณะของการเก็บรักษาอาจเป็นสาเหตุให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบฟีนอลิก เช่น ที่อุณหภูมิต่ำสารฟีนอลิกบางชนิดคงตัวไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลงและอัตราการสลายตัวของสารฟีนอลิกอาจมีขั้นตอนที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบ ฟีนอลิกเช่นเดียวกัน (จิราพร, 2555) จากผลการวิเคราะห์การยับยั้งอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 พบว่าการยับยั้งอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณผงเปลือกมะม่วงเพิ่มขึ้น โดยในสัปดาห์ที่ 0 พบว่า คุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 20, 30 และ 40 มีการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงกว่าคุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 และ 10 ($P \leq 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือน พบว่า คุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 40 มีการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงสุด ในขณะที่คุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0 มีการยับยั้งอนุมูลอิสระต่ำสุด แต่อย่างไรก็ตามในวันสุดท้ายของการ

เก็บรักษา พบว่า คุกกกี้เสริมผงเสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 40 มีการยับยั้งอนุมูลอิสระมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 94.63 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารต้านอนุมูลอิสระจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

สรุปผล

การเสริมผงเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์คุกกี้ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 พบว่า การเสริมผงเปลือกมะม่วงในปริมาณร้อยละ 40 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และสารยับยั้งอนุมูลอิสระมากกว่าคุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0, 10, 20 และ30 จากการศึกษาด้านอายุการเก็บรักษาของคุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงในกล่องพลาสติกโพลีโพรพิลีน ที่อุณหภูมิ 30 – 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมผงเปลือกมะม่วงร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการเสนอผลงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2539, เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 4, สำนักพิมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 224 หน้า.

จิราพร เพลินจิตต์, 255, Stability of Phenolic-acids in Subcritical Water, สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ชิดชนก ชมพฤกษ์, 2542, พืชสมุนไพร, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มติชน, หน้า 37- 38.

บังอร วงศ์รัก และ ศิริลักษณ์ ปิยสุวรรณ, 2549, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้าน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิจิตร วังใน, 2526, ชนิดและพันธุ์ไม้ผลเมืองไทย, กรมวิชาการเกษตร, หน้า 67-74.

วิไลพร ปองเพียร, 2551, การศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในฟักแม้ว, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

Table 1 L* values of mango peel powder cookies containing 0 10 20 30 and 40% during 4 weeks

Mango peel powder (%)	L* values				
	Storage life (weeks)				
	0*	1*	2*	3*	4*
0	64.90^{a}	64.10^{a}	62.36^{a}	62.03^{a}	64.66^{a}
10	56.66^{b}	52.30^{b}	53.76^{b}	56.16^{b}	54.43^{b}
20	52.60^{bc}	50.10^{b}	50.63^{bc}	50.66^{c}	50.46^{b}
30	49.63^{c}	48.26^{b}	50.20^{bc}	49.43^{c}	51.60^{b}
40	48.73^{c}	49.00^{b}	47.20^{c}	49.53^{c}	48.83^{b}

$^{a, b, c}$ mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

Table 2 Total phenolic content of mango peel powder cookies containing 0 10 20 30 and 40% during 4 weeks

Mango peel powder (%)	Total phenolic content (mg GAE/100 g.)				
	Storage life (weeks)				
	0	1	2	3	4
0	40.97[c]	47.03[c]	49.07[d]	48.77[d]	49.0[d]
10	46.3[b]	47.73[bc]	50.2[c]	52.2[c]	51.8[c]
20	46.33[b]	47.27[b]	50.8[bc]	55.03[b]	57.3[b]
30	48.83[a]	49.37[a]	51.2[b]	55.93[ab]	58.55[a]
40	48.87[a]	49.27[a]	53.5[a]	56.73[a]	58.83[a]

[a, b, c] mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

Table 3 DPPH radical scavenging activity (% inhibition) of mango peel powder cookies containing 0 10 20 30 and 40% during 4 weeks

Mango peel powder (%)	DPPH radical scavenging activity (% inhibition)				
	Storage life (weeks)				
	0	1	2	3	4
0	75.22[c]	89.28[b]	78.25[b]	87.77[c]	93.41
10	86.68[b]	89.44[b]	77.50[b]	89.20[bc]	94.21
20	88.54[a]	91.20[ab]	78.95[b]	91.10[ab]	94.04
30	89.23[a]	92.96[a]	81.12[a]	91.64[ab]	94.05
40	89.79[a]	93.39[a]	81.68[a]	92.58[a]	94.63

[a, b, c] mean of the same column with different superscripts indicating significantly differences ($p \leq 0.05$)

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของใบแปะตำปึงโดยวิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว

Optimization of Extraction Conditions for Antioxidant Activity from *Gynura procumbens* Leaf Using Response Surface Methodology

ไตรวุฒิ พันธุ์โยธา[1] นัฐพล ตั้งสุภูมิ[1] ชลัท ศานติวรางคณา[1] และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1]
Phanyotha, T.[1], Tangsuphoom, N.[1], Santivarangkna, C.[1] and Suttisansanee, U.[1]

Abstract

Gynura genus, especially *G. procumbens*, is a local medicinal plant, which can be customarily consumed as a side dish vegetable. It contains high total phenolic compounds with well-known biological function against oxidative stress. However, limited information regarding optimal conditions for the extraction of antioxidant activities of *G. procumbens* is available. The 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay were used to determine antioxidant activities of the extracts. The extraction conditions investigated were extraction time (X_1, 30-90 minutes), aqueous ethanol (X_2, 40-60% v/v), liquid to solid ratio (X_3, 20-30 v/w) and extraction temperature (X_4, 60-80 °C). The conditions were programmed by Central Composite Design (CCD) in response surface methodology (RSM). The yield of the extraction ranged from 9.030 to 25.558 and 71.169 – 125.921 μM Trolox equivalent (TE)/g dry mass (DM) as determined by DPPH and FRAP assays, respectively. The optimal extraction conditions based on DPPH assay were 60% (v/v) aqueous ethanol, 60 °C extraction temperature, 30 (v/w) liquid to solid ratio and 60 minutes of extraction time. However, the optimal temperature and liquid to solid ratio remained unchanged, the optimal ethanol and extraction time based on FRAP assay were 40% (v/v) aqueous ethanol and 90 minutes. Thus, the influencing factors of extraction are concentration of aqueous ethanol and ratio. The information received from this research would support further investigation on isolation of bioactive compounds from leaves of *G. procumbens*.

Keywords: antioxidant activity, *Gynura procumbens*, response surface methodology, extraction condition

บทคัดย่อ

พืชสายพันธุ์ Gynura โดยเฉพาะแปะตำปึง (*G. procumbens*) เป็นพืชสมุนไพรท้องถิ่น สามารถบริโภคได้ มีสารประกอบฟีนอลลิกรวมสูง และมีความสามารถทางชีวภาพในการต้านสภาวะความเครียดออกซิเดชัน ปัจจุบันข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระในภาวะที่เหมาะสมของพืชชนิดนี้มีไม่เพียงพอ การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วย 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) และ ferric reducing antioxidant power (FRAP) ถูกใช้เพื่อวัดระดับของสารต้านอนุมูลอิสระ เงื่อนไขที่ทำการศึกษา คือเวลา (X_1, 30-90 นาที) ความเข้มข้นเอทานอล (X_2, ร้อยละ 40-60 โดยปริมาตร) อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง (X_3, 20-30 ปริมาตรต่อน้ำหนัก) และอุณหภูมิ (X_4, 60-80 °C) จากข้อมูลสามารถออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (CCD) โดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM) พบว่า สารต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 9.0-71.17 และ 25.56-125.9 μM Trolox equivalent (TE) ต่อกรัมของมวลแห้ง เมื่อวัด DPPH และ FRAP ตามลำดับ การสกัดที่เหมาะสมที่วิเคราะห์ด้วย DPPH คือ ความเข้มข้นของเอทานอลร้อยละ 60 โดยปริมาตร อุณหภูมิที่ 60°C อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง 30 ปริมาตรต่อน้ำหนัก และเวลา 60 นาที ในขณะที่อุณหภูมิและอัตราส่วนของเหลวต่อของแข็งที่เหมาะสมยังคงไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนสภาวะสกัดที่เหมาะสมของการวัดสารต้านอนุมูลอิสระด้วย FRAP คือความเข้มข้นเอทานอลร้อยละ 40 โดยปริมาตร และเวลาสกัด 90 นาที พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสกัดคือ ความเข้มข้นของเอทานอลและเวลา ข้อมูลที่ได้รับจากการวิจัยนี้สามารถนำมาสนับสนุนการตรวจสอบเพิ่มเติมเกี่ยวกับการแยกสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบแปะตำปึงต่อไป

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ แปะตำปึง พื้นผิวโครงร่างตอบสนอง สภาวะสกัดที่เหมาะสม

[1] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170
[1] Institute of Nutrition, Mahidol University, Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

Introduction

Natural antioxidants are found in fresh foods, particularly vegetables and fruits. An antioxidant is a molecule that inhibits the oxidation reaction. Recently, epidemiological studies have suggested that consumption of plants that contain natural antioxidant plays putative role in inhibiting cardiovascular disease and some cancers (Irwin, 2008). The beneficial effects of fruits and vegetables have attributed three major groups of antioxidants, including phenolics, carotenoids and vitamins (Young *et al*., 2001). Tocopherols, tocotrienols and carotenoids are known as lipophilic antioxidants, while phenolics and ascorbic acid are known as hydrophilic antioxidants. Nevertheless, the content of antioxidant compounds is influential by many factors, including the type of genus and species, the place of the plant growth, and extraction conditions.

Gynura genus, especially *Gynura procumbens*, is a folk medicinal plant, which can be customarily consumed as a side dish vegetable. It contains high total phenolic compounds (TPC), some of which are natural antioxidant with well-known biological function against oxidative stress. This plant could be grown and populated around the world, especially in tropical regions such as Thailand and other Southeast Asian countries. Boiled leaves can be applied externally to alleviate general body pains, eruptive fevers, rash, migraines, constipation and hypertension (Perry, 1980), while raw leaves can reduce rheumatic pains (Ashitaba, 2011). Additionally, it is believed that consumption of this plant can extenuate or mitigate the symptom of diabetes. However, limited information is available regarding the chemical compositions and their pharmacologic properties toward treatments of the diseases. Particularly, the antioxidants from *G. procumbens* leaves have not been fully explicated. Thus, the aim of this study was to investigate the influence extraction conditions and determine antioxidant activities of *G. procumbens* leaves using response surface methodology (RSM).

Materials and Methods

Fresh leaves of *G. procumbens* were freeze-dried and then grinded to fine powder by a cyclotex sample mill (series 1903 with 200–240 V and 50/60 Hz from FOSS, Höganäs, Sweden) before being stored at –20 °C. Sample powder was extracted according to conditions programmed by Central Composite Design (CCD) option in response surface methodology (RSM). The extraction parameters included extraction time (X_1), concentration of ethanol (X_2), liquid-to-solid ratio (X_3), and extraction temperature (X_4). The ranges in each of factor were relied on the results of preliminary single factor experiments. Antioxidant activities of *G. procumbens* extracts were determined using the 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay (Fukumoto *et al*., 2000; Benzie *et al*., 1996). Triplicate experiments were performed for each point of experimental design. The mean values were specified from observed responses. Data analysis and calculation of predicted responses were performed using Minitab statistical software (version 15.0, Minintab Inc., PA).

Results and Discussion

Despite of being widely investigated toward its biological functions, especially antioxidant activity, the optimal extraction condition of *G. procumbens* remains unknown. Thus, this study aimed to optimize the extraction condition of *G. procumbens* leaves using RSM. This method is a design of experiments with an effective statistic technique, which is normally employed for optimizing complex processes. As results, the antioxidant activities of *G. procumbens* leaf extract ranged from 9.0–25.6 and 71.2–125.9 µM Trolox equivalent (TE)/g dry mass (DM) as being determined by DPPH and FRAP assays, respectively. The maximum DPPH value was obtained from the extract performed under the experimental conditions of X_1 = 60 min, X_2 = 50% v/v, X_3 = 35 v/w and X_4 = 70˚C, whereas FRAP values was optimized under the conditions of X_1 = 90 min, X_2 = 40% v/v, X_3 = 30 v/w and X_4 = 60˚C.

Three-dimensional response surface plots suggested that an increased aqueous ethanol concentration (X_2) and diminished liquid-to-solid ratio (X_3) resulted in an increase of DPPH values, which reached its maximum at a certain levels (Figure 1 and 2). An increase in extraction time (X_1) and temperature (X_4), on the other hand, resulted in an initial increase of DPPH values, which were then decrease with raising extraction time and temperature. Similar results were observed using FRAP assay to determine antioxidant activity of extract sample under various extraction conditions. However, the extraction time rarely affected change in FRAP values, while initial increase in FRAP values started to dwindle when extraction time and temperature continuingly elevated. Thus, the key extraction factors were the concentration of aqueous ethanol and liquid-to-solid ratio.

Summary

Aqueous ethanol concentration and liquid-to-solid ratio were two significant factors that yielded maximum DPPH and FRAP values when augmenting continuously. Besides, high temperature possessed higher effect toward both DPPH and FRAP values than low temperature. Extraction time, on the other hand, had influenced DPPH rather than FRAP. The information received from this research would support further investigation on isolation of bioactive compounds from leaves of *G. procumbens*

Literature cited

Ashitaba, 2011, Nature's Longevity Herb. [Online], Available: http://www.ashitabaplant.blogspot.com/ashitaba-vs-gynura-procumbens.html [June 15, 2011].

Benzie, I.F. and Strain J.J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": the FRAP Assay, Analytical Biochemistry, 239(1): 70-76.

Fukumoto, L. and Mazza, G., 2000, Assessing Antioxidant and Pro-oxidant Activities of Phenolic Compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(8): 3597-3604.

Irwin, K., 2008, Fruits, Vegetables, Teas May Protect Smokers from Lung Cancer, UCLA news, ewsroom.ucla.edu.

Perry, L.M., 1980, Medicinal Plants of East and Southeast Asia, Attributed Properties and Uses, 1st Edn., The MIT Press, Cambridge, Massachusetts and London, 334-360.

Young, I.S. and Woodside, J.V., 2001, Antioxidants in Health and Disease. Journal of Clinical Pathology, 54: 176-186.

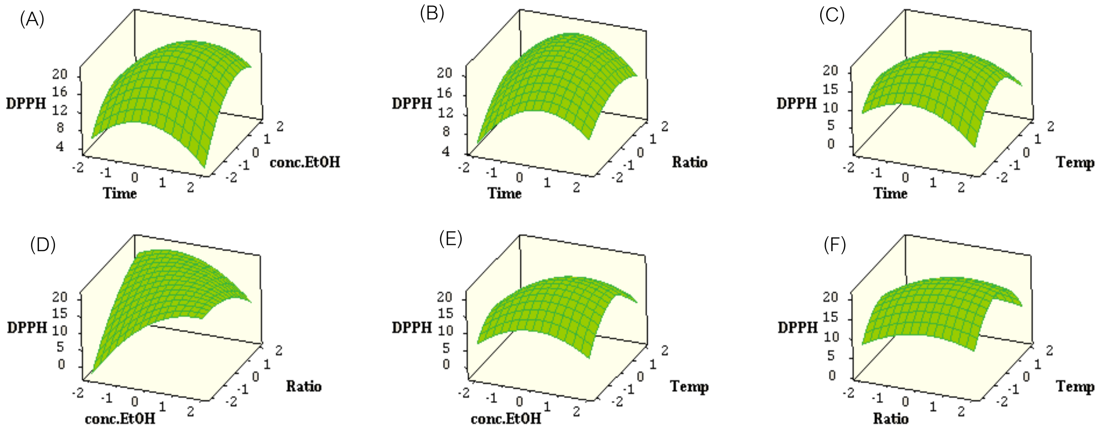


Figure 1 Three-dimensional plot of DPPH–radical scavenging assay. (A) Response plot of time (X_1) *vs.* ethanol concentration (X_2); (B) response plot of time (X_1) *vs.* liquid-to-solid ratio (X_3); (C) response plot of time (X_1) *vs.* temperature (X_4); (D) response plot of ethanol concentration (X_2) *vs.* liquid-to-solid ratio (X_3); (E) response plot of ethanol concentration (X_2) *vs.* temperature (X_4); (F) response plot of liquid-to-solid ratio (X_3) *vs.* temperature (X_4).

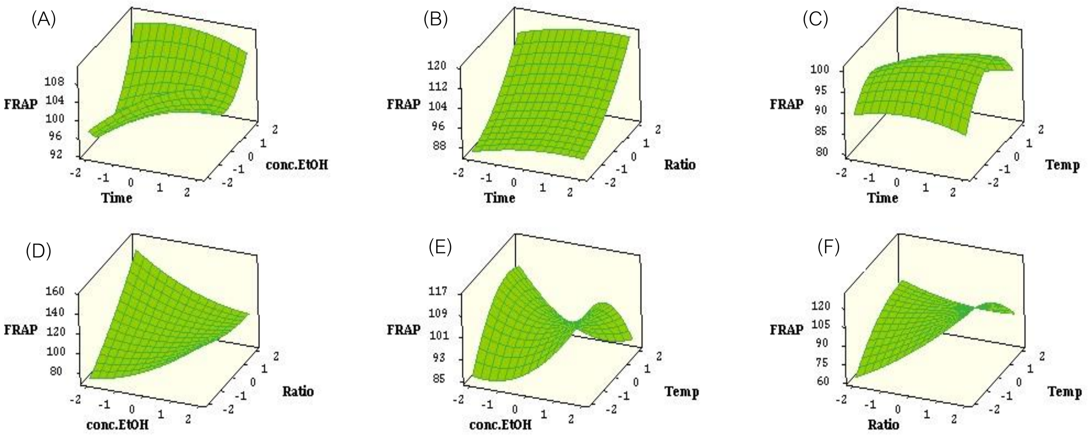


Figure 2 Three-dimensional plot of ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay. (A) Response plot of time (X1) vs. ethanol concentration (X2); (B) response plot of time (X1) vs. liquid-to-solid ratio (X3); (C) response plot of time (X1) vs. temperature (X4); (D) response plot of ethanol concentration (X2) vs. liquid-to-solid ratio (X3); (E) response plot of ethanol concentration (X2) vs. temperature (X4); (F) response plot of liquid-to-solid ratio (X3) vs. temperature (X4).

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 413-416 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 413-416 (2556)

การศึกษาสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลิเนสเทอเรสจากสารสกัดใบเตย

The Investigation of Anti-acetylcholinesterase Activity from *Pandanus amaryllifolius* Leaf Extract

ณัฐพล ทัศนสุวรรณ[1] เชาวนี ชูพีรัชน์[1] วันทนีย์ เกรียงสินยศ[1] และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1]

Thatsanasuwan, N.[1], Chupeerach, C.[1], Kriengsinyos, W.[1] and Suttisansanee, U.[1]

Abstract

Pandanus amaryllifolius is a tropical plant in Pandanaceae family, which provides food coloring and flavoring. This plant is a rich source of essentials oil, carotenoid, vitamin E and other bioactive compounds such as antioxidants. Our previous preliminary study suggested that crude extract of *P. amaryllifolius* possessed biological function against Alzheimer's disease (AD) through cholinesterase inhibition. Nevertheless, limited information on extraction conditions of *P. amaryllifolius* is available. The purpose of this study was, thus, to investigate the optimized extraction conditions of *P. amaryllifolius* leaves regarding anti-AD property through inhibition of acetylcholinesterase, the enzyme that controls AD occurrence. Freeze-dried powder of *P. amaryllifolius* leaves were extracted by varying extraction times (15, 30, 60, 120, 240 and 480 minutes), solvent systems (0, 20, 40, 60, 80 and 100% (v/v) aqueous ethanol), extraction temperatures (30, 50, 70 and 90 °C) and solid-to-liquid ratios (1:20, 1:30, 1:40, 1:50 and 1:60 w/v). The coupled assay was employed utilizing the cholinesterase reaction and 5,5'-dithiobis(2-nitrobenzoic acid). It was found that all factors affected cholinesterase activity in exception of extraction time. The optimized extraction conditions were chosen as 0% (v/v) aqueous ethanol, 50°C extraction temperature and solid-to-liquid ratio of 1:20 (w/v). The information received from this study could be employed for further investigation on isolation of anti-AD agents.

Keywords: anti-Alzheimer's disease, acetylcholineterase, extraction condition, *Pandanus amaryllifolius*

บทคัดย่อ

เตยเป็นพืชเมืองร้อนอยู่ในวงศ์ Pandanaceae ซึ่งสามารถใช้เป็นสีผสมอาหารและให้กลิ่นได้ พืชชนิดนี้ยังเป็นแหล่งของน้ำมันหอมระเหย แคโรทีนอยด์ วิตามินอี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ จากข้อมูลเบื้องต้นพบว่า สารสกัดหยาบของใบเตยมีความสามารถทางชีวภาพในการต้านโรคอัลไซเมอร์ผ่านการยับยั้งของเอนไซม์โคลิเนสเทอเรส อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะในการสกัดของใบเตยยังมีจำกัด ดังนั้นวัตถุประสงค์ในงานวิจัยครั้งนี้คือ การศึกษาสภาวะการสกัดสารของใบเตยที่มีผลต่อการป้องกันโรคอัลไซเมอร์ผ่านการยับยั้งเอนไซม์อะซิทิลโคลิเนสเทอเรส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมการเกิดโรคอัลไซเมอร์ การทดลองใช้ผงแห้งของใบเตย โดยมีสภาวะการสกัดที่แตกต่างกันได้แก่ เวลาในการสกัด (15, 30, 60, 120, 240 และ 480 นาที) ระบบของสารละลาย (เอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 โดยปริมาตร) อุณหภูมิของการสกัด (30, 50, 70 และ 90°C) และอัตราส่วนระหว่างสารสกัดกับตัวทำละลาย (1:20, 1:30, 1:40, 1:50 และ 1:60 น้ำหนักต่อปริมาตร) จากนั้นนำมาทดสอบปฏิกิริยาของเอนไซม์โคลิเนสเทอเรส และ 5,5'-dithiobis(2-nitrobenzoic acid) พบว่า ทุกปัจจัยดังกล่าวข้างต้น ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์โคลิเนสเทอเรส ยกเว้นเวลาในการสกัด ซึ่งสภาวะการสกัดที่ดีที่สุดได้แก่ เอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 โดยปริมาตร โดยมีอุณหภูมิของการสกัดที่ 50°C และอัตราส่วนระหว่างสารสกัดกับตัวทำละลายที่ 1:20 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้อาจส่งผลให้เกิดการศึกษาต่อเนื่องถึงกระบวนการสกัดแยกสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านโรคอัลไซเมอร์ได้

คำสำคัญ: สารต้านโรคอัลไซเมอร์ เอนไซม์อะซิทิลโคลิเนสเทอเรส สภาวะการสกัด ใบเตย

Introduction

Alzheimer's disease (AD) is brain disorder related with age, which occurs in elderly people about 60 years or older. This disease is associated with the decline in brain functions in terms of loss of memory and

[1] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

[1] Institute of Nutrition, Mahidol University, Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

cognition. AD occurrence may be evolved through three main hypotheses including loss of presynaptic markers of cholinergic system, deposition of amyloid fibrils and neurofibrilly tangles in the brain and the abnormality of tau protein. The former involves cholinesterase including acetylcholinesterase (AChE) and butyrylcholinesterase (BChE), two key enzymes that control the degradation of neurotransmitters, ACh and BCh. Thus, inhibition of these enzymes possesses high potential function against AD. Currently, some synthesized drugs such as tacrine, donepezil, rivastigmine and galatamine could function as cholinesterase inhibitors. These drugs are effective in delaying the symptoms of AD; however, a definite cure has yet to be found.

Green medicine nowadays has become alternative choice of AD treatment and prevention. *Pandanus amaryllifolius*, a member of Pandanaceae Family, is a shrub that is wildly distributed in tropical zone including South Asia, Africa and Australia (Nor *et al*., 2008). Its leaves are used for cooking, aromatherapy and medical industry (Cheeptham and Towers, 2002) due to abundant availability of essentials oil, carotenoid, vitamin E and other bioactive compounds such as antioxidants (Lee *et al*., 2004). Our previous preliminary study suggested that crude extract of *P. amaryllifolius* leaves could possibly control AD occurrence through cholinesterase inhibition. Nevertheless, limited information on extraction conditions of *P. amaryllifolius* is available. The purpose of this study was, thus, to investigate the optimized extraction conditions of *P. amaryllifolius* leaves regarding anti-AD property through inhibition of acetylcholinesterase.

Materials and Methods

Fresh leaves of *P. amaryllifolius* were freeze-dried and then grinded to fine powder by a cyclotex sample mill (series 1903 with 200–240V and 50/60 Hz from FOSS, Höganäs, Sweden) before being stored at –20°C. The sample was extracted by varying extraction times (15, 30, 60, 120, 240 and 480 mins), solvent systems (0, 20, 40, 60, 80 and 100% (v/v) aqueous ethanol), extraction temperatures (30, 50, 70 and 90°C) and solid-to-liquid ratios (1:20, 1:30, 1:40, 1:50 and 1:60 w/v). The enzyme assay consisted of acetylcholinesterase (10 ng), acetylthiocholine (0.08 mM), 5,5'-dithiobis(2-nitrobenzoic acid) (0.8 mM) and plant extract in a 96-well plate. The enzymatic activity of mixtures was then monitored at 412 nm using a microplate reader (BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT) and a Gen5 data analysis software. The initial rate was fitted by the Michaelis–Menten equation with least squares fit parameter using a GraphPad Prism software version 5.00 (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA). The enzyme inhibitory activity was calculated as %inhibitory using the following equation; % Inhibition = $100 \times (1 - ((B-b)/(A-a)))$, where A is an initial velocity of the control reaction (without plant extract) with the enzyme, a is an initial velocity of the control reaction without enzyme, B is an initial velocity of the enzyme reaction with plant extract and b is an initial velocity of the reaction with plant extract but without enzyme.

Results and Discussion

It was previously found that *P. amaryllifolius* contains high anti-oxidative agents such as carotenoid, vitamin E and other bioactive compounds, which can reduce reactive oxygen species (ROS). Since it was previously reported that some antioxidants possess alternative function as to reduce risk of AD (Jung *et al*., 2009), it was highly possible that *P. amaryllifolius* with high antioxidant activity could prevent AD occurrence as well. Our preliminary results suggested that *P. amaryllifolius* leaves exhibited comparable cholinesterase inhibitory activity to those of *Zingiber officinale* and *Alpinia galanga* (data not shown), which has been previously reported as rich sources of anti-AD agents. Nevertheless, limited information on optimal extraction conditions for anti-AD agents from *P. amaryllifolius* is avialable. As results, it was found that acetylcholinesterase inhibitory activity of *P. amaryllifolius* extract could be optimized (approx. 55-75% inhibition) under extraction conditions of 0% (v/v) aqueous ethanol, 50 °C extraction temperature and solid-to-liquid ratio of 1:20 (w/v) (Figure 1). The inhibitory activity of the extract under various extraction times (15-480 min), however, it did not show statistically significant

difference. Since it was previously found that alkaloids in Coptidis rhizome could inhibit cholinesterases (Jung *et al*., 2009), it was possible that some alkaloids from *P. amaryllifolius* leaves such as pandamarilactone, pandamarilactam, pandamarilactonine and pandanamine could act as anti-cholinetserase agents (Salim *et al*., 2003; Lopez and Nonato, 2005).

Summary

The optimized extraction conditions for anti-acetylcholinetserase agents from *P. amaryllifolius* were 0% (v/v) aqueous ethanol, 50 °C extraction temperature and solid-to-liquid ratio of 1:20 (w/v), while extraction times did not effect the acetylcholinesterase activity. The information received from this study could be employed for further investigation on isolation of anti-AD agents.

Literature cited

Cheeptham, N., and Towers, G.H.N., 2002, Light-mediated Activities of Some Thai Medicinal Plant Teas, Fototerapia, 73: 651–662.

Jung, H.A., Min, B.S., Yokozawa, T., Lee, J.H., Kim, Y.S. and Choi, J.S., 2009, Anti-Alzheimer and Antioxidant Activities of Coptidis Rhizoma Alkaloids, Biological and Pharmaceutical Bulletin, 32(8): 1433-1438.

Lee, B.L., Su, J., and Ong, C.N., 2004, Monomeric C18 Chromatographic Method for the Liquid Chromatographic Determination of Lipophilic Antioxidants in Plants, Journal of Chromatography, 1048: 263–267.

Lopez, D.C. and Nonato, M.G., 2005, Alkaloids from *Pandanus amaryllifolius* Collected from Marikina, Philippines. Philippine Journal of Science, 134 (1): 39-44.

Nor, F.M., Mohamed, S., Idris, N.A. and Ismail, R., 2008, Antioxidative Properties of *Pandanus amaryllifolius* Leaf Extracts in Accelerated Oxidation and Deep Frying Studies, Food Chemistry, 110: 319–327.

Salim, A.A., Garson, M.J. and Craik D.J., 2004, New alkaloid from *Pandanus amaryllifolius*, Journal Natural products, 67: 54-57.

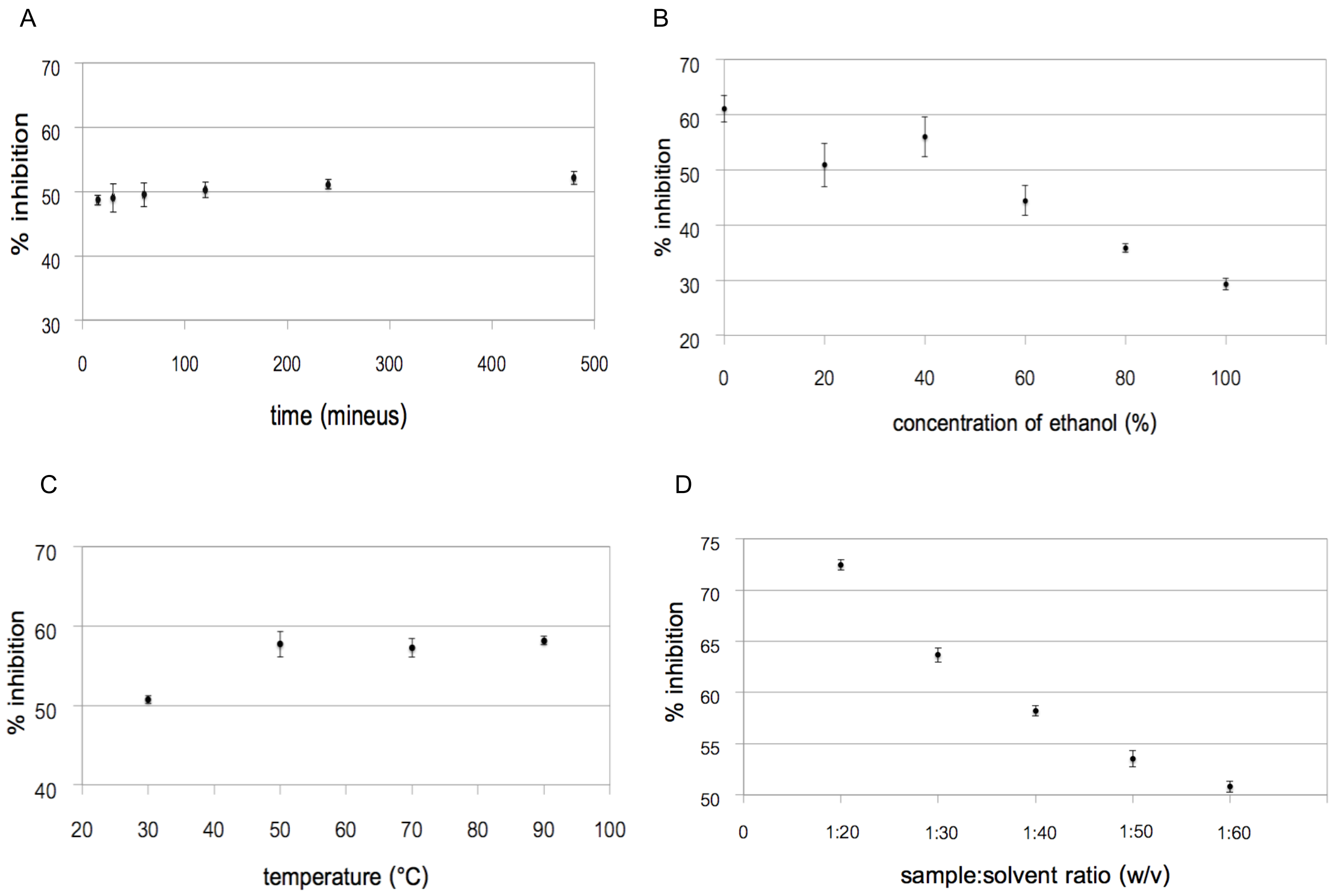


Figure 1 The optimized extraction conditions for anti-acetylcholinetserase agents from *P. amaryllifolius* including (A) extraction times, (B) concentration of ethanol, (C) extraction temperature and (D) solid-to-liquid ratio.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหนามแดง

Development of Vinegar Beverage Product from Carunda Fruit (*Carissa carandas* L.)

อุมาพร ทาไธสง[1] เสาวภา ทรัพย์ประสาท[1] และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[2]

Thathaisong, U.[1] Sabprasat, S.[1] and Yuenyongputtakal, W.[2]

Abstract

This research was aimed at developing a vinegar beverage product from Carunda fruit using a two-step fermentation process. The first step was wine production by *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5918 and the second step was acetic acid production by *Acetobacter aceti* TISTR 103. Result showed that 15% of starter culture used in wine fermentation resulted in significantly higher amount of alcohol than 5% and 10% of starter cultures ($p \leq 0.05$).At the end of fermentation process, using 5% 10% and 15% of starter cultures the amounts of *S. cerevisiae* obtained were 7.65, 7.66 and 7.71 log CFU/ml, respectively. It was found that the amounts of acetic acid from 15% of starter culture used in acetic fermentation process resulted in significantly higher amounts of acetic acid compared to 10% of starter culture ($p \leq 0.05$). At the end of fermentation process, using 10% and 15% of starter cultures the amounts of *A. aceti* obtained were 7.92and 7.94 log CFU/ml, respectively. Carunda fruit vinegar beverage received an overall liking score of 'slighly like'.

Keywords: Carunda fruit, vinegar beverage, *S. cerevisiae, A. aceti*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจาก ผลหนามแดงโดยมีกระบวนการผลิต 2 ขั้นตอน คือ การหมักไวน์ด้วย *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5918 และการหมักน้ำส้มสายชูด้วย *Acetobacter aceti* TISTR 103 ในขั้นตอนการหมักไวน์พบว่าเมื่อใช้เชื้อเริ่มต้น 15% ทำให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าการใช้เชื้อเริ่มต้น 5% และ 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อใช้เชื้อเริ่มต้น 5% 10% และ 15% จำนวน *S. cerevisiae* เมื่อสิ้นสุดการหมักมีจำนวนเท่ากับ 7.65 7.66 และ 7.71 log CFU/ml ตามลำดับ และจากขั้นตอนการหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์หนามแดง พบว่าเมื่อใช้เชื้อเริ่มต้น 15% ทำให้ได้ปริมาณกรดอะซิติกสูงกว่าการใช้เชื้อเริ่มต้น 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อใช้เชื้อเริ่มต้น 10% และ 15% จำนวน *A. aceti* เมื่อสิ้นสุดการหมักมีจำนวนเท่ากับ 7.92 และ 7.94 log CFU/ml ตามลำดับ เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหนามแดงได้รับคะแนนความชอบรวมระดับชอบเล็กน้อย

คำสำคัญ: ผลหนามแดง เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก *S. cerevisiae A. aceti*

คำนำ

ผลหนามแดง (*Carissa carandas* L.) มีลักษณะเป็นผลเดี่ยว เมื่อแก่จัดมีสีแดงเข้ม รสเปรี้ยว มีสารพฤกษเคมีที่สำคัญคือวิตามินซี และสารประกอบฟีนอลิก มีรายงานว่าหนามแดงเป็นผลไม้ไทย 1 จาก 5 รายการที่มีการใช้ประโยชน์ทางสมุนไพรแต่ยังไม่มีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า (Subhadrabandhu, 2001) น้ำส้มสายชูหมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักเอทานอลโดยใช้จุลินทรีย์ในกลุ่ม acetic acid bacteria ซึ่งจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้สามารถออกซิไดซ์เอทานอลให้เปลี่ยนไปเป็นกรดอะซิติก มีรายงานว่าการบริโภคน้ำส้มสายชูหมักมีประโยชน์ในการควบคุมน้ำหนัก เนื่องจากสารอาหารในน้ำส้มสายชูหมักมีโมเลกุลที่เล็กกว่าน้ำตาลจึงทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมได้ดีจึงรู้สึกอิ่มเร็ว ทำให้บริโภคอาหารชนิดอื่นเข้าไปได้น้อยลง และการรับประทานน้ำส้มสายชูหมักควบคู่ไปกับอาหารช่วยลดระดับการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลกลูโคสและอินซูลินหลังจากการรับประทานอาหารทำให้ความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานลดลง (Johnston และคณะ, 2004) ในประเทศไทยพบว่ามีการศึกษาการผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากวัตถุดิบหลายชนิด แต่ยังไม่พบว่ามีการนำผลหนามแดงมาใช้ ดังนั้นงานวิจัยนี้

---

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[1] Department of Microbiology, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, Tambon Saensuk, Amphor Muang, Chonburi 20131

[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[2] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Longhadbangsean Road, Tambon Saensuk, Amphor Muang, Chonburi 20131

จึงศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหนามแดงโดยศึกษากระบวนการผลิต 2 ขั้นตอน คือ การหมักไวน์ด้วย *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5918 และการหมักน้ำส้มสายชูด้วย *Acetobacter aceti* TISTR 103

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลหนามแดงมาล้าง ปั่นผสมกับน้ำในอัตราส่วนน้ำหนักเนื้อต่อน้ำเท่ากับ 1:3 กรองเอากากออกด้วยผ้าขาวบาง การทดลองแบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 การหมักไวน์ เตรียมหัวเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5918 โดยเพาะเลี้ยง *S. cerevisiae* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นเขี่ยโคโลนี *S. cerevisiae* ใส่ลงในน้ำผลหนามแดงปริมาตร 1200 มล. ที่ปราศจากเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิห้อง โดยวางภาชนะบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที เพื่อให้อากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำน้ำผลหนามแดงปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 3.0-3.5 และปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 20°Brix เติมโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 250 ppm ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วเติมหัวเชื้อ *S. cerevisiae* ปริมาณ 5% 10% และ 15% หมักเป็นเวลา 20 วัน สุ่มตัวอย่างทุก 2 วัน วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์โดยเครื่อง Ebulliometer และจำนวน *S. cerevisiae* ตอนที่ 2 การหมักน้ำส้มสายชู เตรียมหัวเชื้อ *A.aceti* TISTR 103 โดยนำไวน์ผลหนามแดงซึ่งมีแอลกอฮอล์ประมาณ 6% ปริมาตร 700 มล. ใส่ลงในถาดสแตนเลส แล้วเขี่ยเชื้อ *A.aceti* TISTR 103 ลงไป คลุมถาดด้วยแผ่นพลาสติกและเจาะรูให้ทั่วแผ่น ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน หมักน้ำส้มสายชูจากผลหนามแดง โดยเติมหัวเชื้อ *A. aceti* ปริมาณ 10% และ 15% ลงในไวน์ผลหนามแดง หมักจนกระทั่งปริมาณแอลกอฮอล์เป็น 0% สุ่มตัวอย่างทุก 2 วัน วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดอะซิติก และจำนวน *A. aceti* การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทำได้โดยนำน้ำส้มสายชูหมักที่ได้มากรองผ่านแผ่นกรอง แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที โดยปิดฝาภาชนะ เพื่อคงคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติไว้ เติมน้ำเชื่อมความเข้มข้น 20°Brix ในอัตราส่วนน้ำส้มสายชูหมักต่อน้ำเชื่อมเท่ากับ 1.5:2 ทดสอบความชอบรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยผู้ทดสอบ 30 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Figure 1 a) พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ทุกสิ่งทดลองเริ่มคงที่ในวันที่ 12 ของการหมัก โดยมีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 7.86% - 9.43% โดยพบว่าการใช้หัวเชื้อ *S. cerevisiae* เริ่มต้น 15% ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าการใช้หัวเชื้อ 5% และ 10% อย่างมีนัยสำคัญทางถิติ ($p<0.05$) และพบว่าในวันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการหมักไวน์หนามแดง การใช้หัวเชื้อปริมาณ 5%, 10% และ 12% ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุด คือ 9.56%, 9.90% และ 9.97% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) จาก Figure 1 b) พบว่าเมื่อใช้ปริมาณหัวเชื้อ *S. cerevisiae* เริ่มต้นแตกต่างกันคือ 5%, 10% และ 15% ในการหมักไวน์ ซึ่งมีจำนวนเชื้อเริ่มต้นเท่ากับ 5.28, 5.90 และ 6.34 log CFU/ml ตามลำดับ โดยในวันที่ 2 ของกระบวนการหมักเชื้อเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว และค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนเริ่มคงที่แล้วหลังจากนั้นจำนวนเชื้อลดจำนวนลงเล็กน้อย จนในวันที่ 20 พบว่าการใช้เชื้อเริ่มต้น 5%, 10% และ 15% ทำให้มีจำนวน *S. cerevisiae* เมื่อสิ้นสุดการหมักเท่ากับ 7.65, 7.66 log และ 7.71 log CFU/ml ตามลำดับ การใช้เชื้อเริ่มต้นปริมาณมากเป็นผลให้สามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้มากกว่าเชื้อเริ่มต้นปริมาณน้อย เมื่อนำไวน์หนามแดงซึ่งมีปริมาณแอลกอฮอล์ประมาณ 6% มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตหมักน้ำส้มสายชูด้วยปริมาณหัวเชื้อ *A. aceti* เริ่มต้น 10% และ 15% ได้ผลดัง Figure 1c) – e) พบว่า การแปรปริมาณ *A. aceti* หัวเชื้อเริ่มต้น 10% และ 15% มีผลให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงสุดที่ 2.27% และ 4.01% ตามลำดับ ทั้งนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ดวงกมล และคณะ (2551) ที่รายงานว่าในการใช้ *A. aceti* ปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้น 5%, 10% และ 15% มีแนวโน้มให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงสุดเท่ากับ 0.42%, 3.21% และ 3.82% ตามลำดับ โดยสอดคล้องกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่ลดลง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากระบวนการหมักน้ำส้มสายชูด้วย *A. aceti* สามารถเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกได้โดยทำการหมักในสภาพที่มีอากาศ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นอะเซทัลดีไฮด์ (acetaldehyde) โดยอาศัยเอนไซม์แอลกอฮอล์ ดีไฮโดรจีเนส (alcohol dehydrogenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ขั้นตอนที่สองเป็นการเปลี่ยนอะเซทัลดีไฮด์เป็นไฮเดรสอะเซทัลดีไฮด์ (hydrate acetaldehyde) โดยอาศัยเอนไซม์อะเซทัลดีไฮด์ ดีไฮโดรจีเนส (acetaldehyde dehydrogenase) ขั้นตอนที่สามเป็นขั้นตอนการสร้างกรดอะซิติกโดยการเกิดปฏิกิริยาการส่งโปรตอน 2 ตัว ของไฮเดรสอะเซทัลดีไฮด์ไปยังอะตอมของออกซิเจนเกิดเป็นกรดกรดอะซิติก (วรวุฒิ และรุ่งนภา, 2532) ผลการทดลองยังพบว่าพบว่าการใช้เชื้อเริ่มต้น 10% และ 15% ทำให้มีจำนวน *A. aceti* เมื่อสิ้นสุดการหมักเท่ากับ 7.92 และ 7.94 log CFU/ml ตามลำดับ โดยผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากผลหนาม

แดงที่ใช้เชื้อเริ่มต้นของ *S. cerevisiae* ในการหมักไวน์และ *A. aceti* ในการหมักน้ำส้มสายชู ปริมาณ 15% ได้รับคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 6.05 ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

สรุปผล

มีความเป็นไปได้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลหนามแดง การหมักไวน์ด้วย *S. cerevisiae* และการหมักน้ำส้มสายชูด้วย *A. aceti* โดยใช้เชื้อเริ่มต้นปริมาณ 15% ทำให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์และกรดอะซิติกสูงที่สุด ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพา

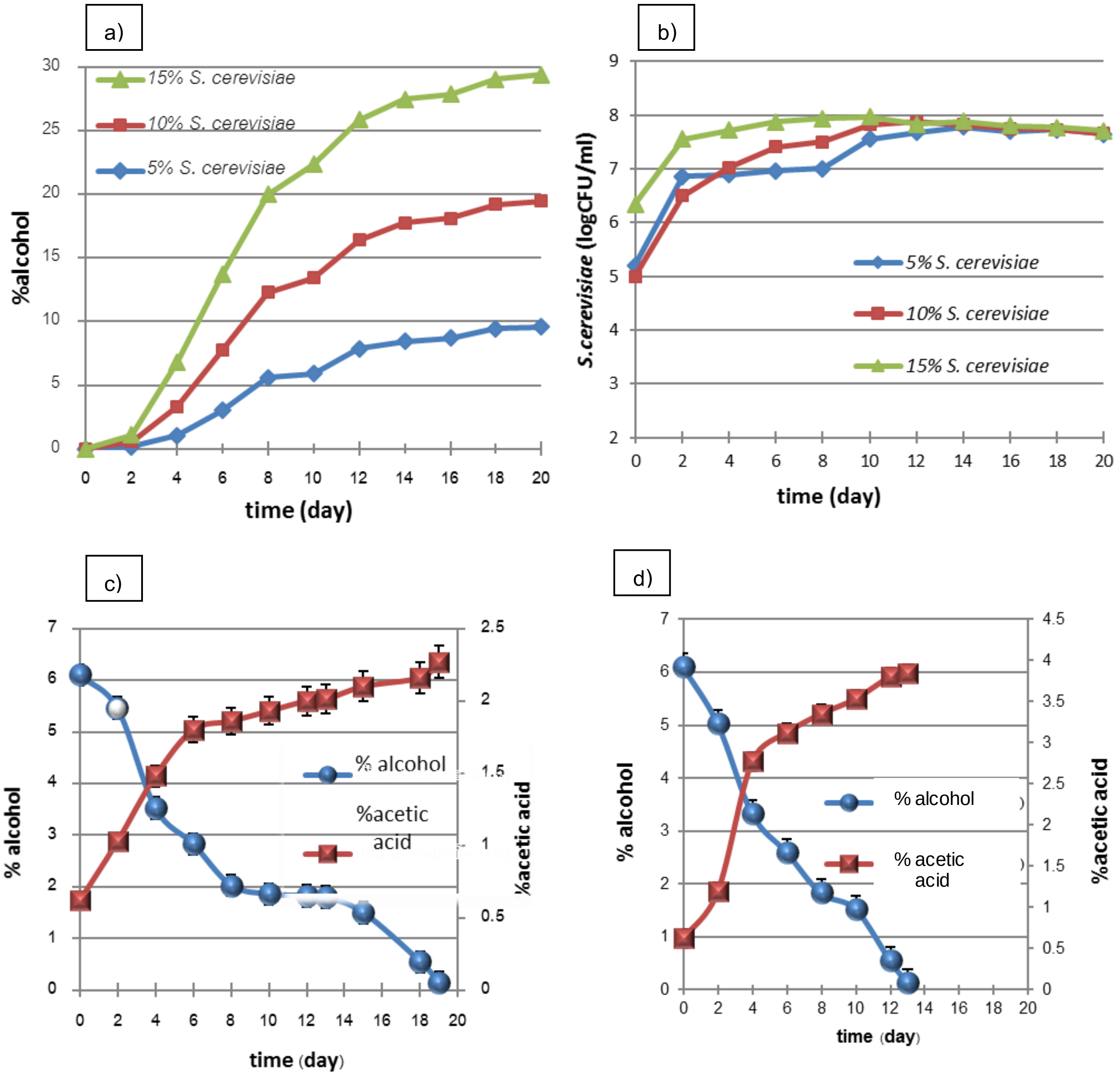
เอกสารอ้างอิง

ดวงกมล เตจาคำ ดารุณี วังเสาร์ วิรัลพัชร ปิ่นสุข และ สิทธิสิน บวรสมบัติ, 2551, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักจากมะเกี๋ยง, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิต, 2532, เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

Johnston, C., Kim, C. and Buller, A., 2004, Vinegar Improves Insulin Sensitivity to a High Carbohydrate Meal in Subjects with Insulin Resistance or Type 2 Diabetes Mellitus, Diabetes Care, 27: 281-282.

Subhadrabndhu, S., 2001, Under-Utilized Tropical Fruits of Thailand, Department of Horticulture Faculty of Agriculture, Kasetsart University.



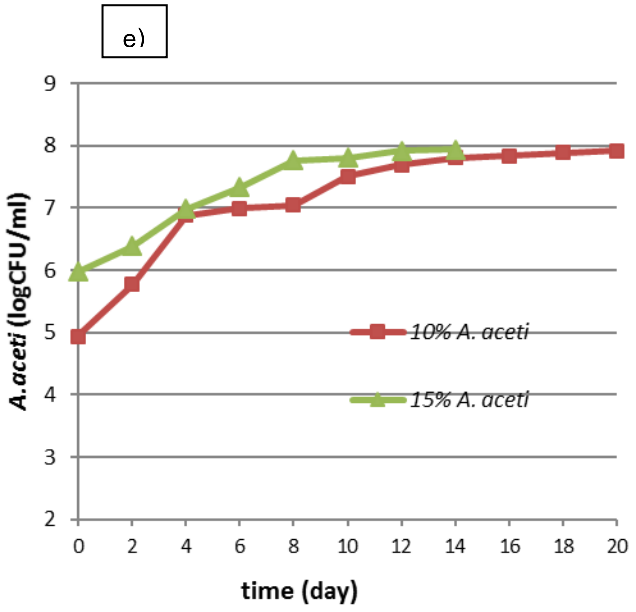


Figure 1 a) % Alcohol content and b) *S.cerevisiae* of Carunda fruit wine during wine fermentation and also c) % Alcohol content and acetic acid content using 10% *A.aceti* during vinegar fermentation d) % Alcohol content and acetic acid content using 15% *A.aceti* during vinegar fermentation e) *A.aceti* of Carunda fruit vinegar during vinegar fermentation.

ผลของการใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีที่มีต่อคุณลักษณะของขนมปัง

Effect of Utilization of Purple Sweet Potato Flour as Wheat Flour Replacement on the Properties of Bread

วิมล วรรณุวาศ[1] ณัฏฐา คงโนนกอก[1] และ อโนชา สุขสมบูรณ์[1]

Wanuwat, W.[1], Kongnonkok, N.[1] and Suksomboon, A.[1]

Abstract

The objective of this research was to produce bread which used purple sweet potato as wheat flour replacement and determined their properties. The effect of amount of purple sweet potato flour (0, 10, 20 and 30% flour basic) and water (60, 70 and 80% flour basic) on characteristics of dough and bread quality was studied. The results showed that the amount of purple sweet potato flour increased the suitable amount of water was increased. The suitable amount of water that gave the highest dough expansion value for 10, 20 and 30 % of purple sweet potato flour were 60, 70 and 80 %, respectively. The breads used purple sweet potato as wheat flour replacement showed lower specific volume, but higher firmness and springiness than 0% purple sweet potato bread (control). The increasing of amount purple sweet potato flour caused specific volume decreased, firmness increased, and springiness decreased ($p<0.05$). Bread prepared from 30 % (flour basic) of purple sweet potato flour and 80% (flour basic) of water (PB30/80) obtained the highest overall score.

Keywords: purple sweet potato flour, wheat flour, bread

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีและตรวจสอบคุณภาพของขนมปังที่ได้ โดยศึกษาผลของการใช้ปริมาณแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลี (ร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง) และปริมาณน้ำ (60, 70 และ 80 ของน้ำหนักแป้ง) ที่มีต่อคุณลักษณะของโดและคุณภาพของขนมปัง จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงส่งผลให้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมเพิ่มขึ้นด้วย โดยปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ให้โดที่มีค่าการแผ่ขยายสูงที่สุดจากโดที่เตรียมจากการใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง คือ ปริมาณน้ำร้อยละ 60, 70 และ 80 ตามลำดับ สำหรับขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีมีปริมาตรจำเพาะต่ำกว่าขนมปังที่ไม่ผสมแป้งมันเทศเนื้อสีม่วง (สูตรควบคุม) แต่มีค่าความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่นที่สูงกว่า การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีทำให้ขนมปังมีปริมาตรจำเพาะลดลง ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นและค่าความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 และน้ำร้อยละ 80 ของน้ำหนักแป้ง (PB30/80) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

คำสำคัญ: แป้งมันเทศสีม่วง แป้งสาลี ขนมปัง

คำนำ

มันเทศเนื้อสีม่วง (purple sweet potato) เป็นแหล่งของสารอาหารหลายชนิด เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ โดยเฉพาะมีสารแอนโทไซยานินซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับอนุมูลอิสระ ต้านการก่อกลายพันธุ์ ลดความดันโลหิต (กองบรรณาธิการ, 2553; Masuda และคณะ, 2002) ปัจจุบันตลาดผลิตภัณฑ์ขนมอบในประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้วัตถุดิบหลักของผลิตภัณฑ์ขนมอบคือ แป้งสาลี ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีการนำแป้งมันเทศมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบหลายชนิด เช่น โดนัท เค้ก บราวนี่ และขนมปัง (Hathorn และคณะ, 2008 ; Wu และคณะ, 2009; Greene และ Bovell-Benjamin, 2004) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่นำแป้งที่เตรียมจากมันเทศเนื้อสีม่วงไปใช้ทดแทนแป้งสาลีในขนมปังยังมีไม่มาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งที่เตรียมจากมันเทศเนื้อสีม่วงที่มีต่อคุณภาพของขนมปัง เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับมันเทศเนื้อสีม่วง และได้ผลิตภัณฑ์ขนมปังที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงขึ้น

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsean, Chonburi, THAILAND 20131

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง โดยนำมันเทศเนื้อสีม่วงมาล้างด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือกแล้วแช่น้ำไว้ สไลด์เป็นแผ่นความหนา 4.5 มิลลิเมตร ลวกในน้ำเดือดเวลา 3 นาที อบให้แห้งในตู้อบแบบถาดอุณหภูมิ 55°C ให้มีความชื้นประมาณ 6-7% บด แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมซ จากเก็บในถุงพอลีเอทิลีนหุ้มด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยด์ เก็บที่อุณหภูมิ 10°C

การเตรียมโดของขนมปัง ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง และแปรปริมาณน้ำเป็น 70, 80 และ 90 ของน้ำหนักแป้ง นำไปผสมกับ ยีสต์ เกลือ น้ำตาล เนยขาว ร้อยละ 2.3, 1.9, 3.7, 3.7 ของน้ำหนักแป้ง ผสมโดยใช้เครื่องผสมเป็นเวลา 15 นาที จนได้โดของขนมปัง นำโดที่ได้ไปตรวจสอบความสามารถในการแผ่ขยายของโด ตามวิธีของ Sangnark และ Noomhorm (2004) พิจารณาคัดเลือกปริมาณน้ำที่เหมาะสม 1 ระดับสำหรับการใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีแต่ละระดับที่ทำให้มีค่าการแผ่ขยายของโดสูงที่สุด

การเตรียมขนมปังและการวิเคราะห์คุณลักษณะของขนมปัง นำโดจากสูตรที่มีการใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง ที่มีส่วนผสมของน้ำในปริมาณที่เหมาะสม หนัก 200 กรัม นำไปหมักที่อุณหภูมิห้องนาน 90 นาที นำไปเข้าอบที่อุณหภูมิ 204.5°C เป็นเวลา 50 นาที แล้วนำขนมปังไปวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ปริมาตรจำเพาะของขนมปัง (specific volume) โดยวิธีการแทนที่เมล็ดงา ลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านความแน่นเนื้อของขนมปัง (firmness) และความยืดหยุ่นของขนมปัง (springiness) ด้วยเครื่อง Texture analyser (TA-XT2) ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสีของเนื้อในขนมปัง สีเปลือกของขนมปัง กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวม โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพทุกด้าน ยกเว้นการประเมินด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการวัดความสามารถในการแผ่ขยายของโดของขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีพบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาการหมักทำให้โดมีค่าความสามารถในการแผ่ขยายของโดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Figure 1) และพบว่าโดของขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง และปริมาณน้ำร้อยละ 60 (PB10/60) แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงร้อยละ 20 และปริมาณน้ำร้อยละ 70 (PB20/70) แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงร้อยละ 30 และปริมาณน้ำร้อยละ 80 (PB30/80) มีค่าความสามารถในการแผ่ขยายของโดใกล้เคียงกับโดของขนมปังสูตรควบคุม

จากผลการตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของขนมปัง (Table 1) แสดงให้เห็นว่าขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลี มีปริมาตรจำเพาะต่ำกว่าขนมปังจากแป้งสาลี (control) และเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมากขึ้นมีผลให้ปริมาตรจำเพาะของขนมปังลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hathorn และคณะ (2008) ที่รายงานว่าการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศ 2 ระดับคือ 55% และ 65% ทำให้ปริมาตรของก้อนขนมปังมีค่าลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงไม่มีโปรตีนกลูเตนที่ทำหน้าที่กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการหมัก การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงจึงเป็นการไปลดปริมาณกลูเตนลงจึงทำให้ขนมปังมีปริมาตรต่ำลง ทั้งนี้ขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงในสูตร PB10/60 มีปริมาตรจำเพาะสูงว่า PB 20/70 และ PB30/80 นอกจากนั้น จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีมีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่า และมีค่าความยืดหยุ่นต่ำกว่าขนมปังสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นขนมปังสูตร PB10/60 ที่มีค่าความยืดหยุ่นสูงกว่าขนมปังสูตรควบคุม และเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงมากขึ้นส่งผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น และค่าความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้สอดคล้องกับผลการวัดค่าปริมาตรจำเพาะ ซึ่งพบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงเพื่อทดแทนแป้งสาลีในปริมาณมากขึ้นทำให้ขนมปังมีปริมาตรลดลงตามลำดับ ซึ่งการที่ขนมปังมีปริมาตรลดลงส่งผลให้ขนมปังมีความแน่นเนื้อที่เพิ่มขึ้นและความยืดหยุ่นที่ลดลงตามไปด้วย

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Table 2) พบว่า ขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 30 ของน้ำหนักแป้ง (PB30/80) มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และมีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้ง (PB20/70) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่ขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงร้อยละ 20 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกับขนมปังในสูตรควบคุม

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้งซึ่งมีลักษณะเฉพาะที่แปลกใหม่ กลิ่นมันเทศสีม่วงชัดเจน มีเนื้อสัมผัสที่แน่น และยืดหยุ่น มีรสชาติที่หวานเล็กน้อยจึงทำให้มีความชอบในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

สรุปผล

การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทำให้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับการใช้แป้งมันเทศทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง คือร้อยละ 60, 70 และ 80 ของน้ำหนักแป้งตามลำดับ การเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศเนื้อสีม่วงส่งผลให้ขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศเนื้อสีม่วงทดแทนแป้งสาลีมีปริมาตรจำเพาะลดลง ค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น และค่าความยืดหยุ่นลดลง ทั้งนี้ขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักแป้งและปริมาณน้ำร้อยละ 80 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างจากขนมปังที่ใช้แป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 20 และปริมาณน้ำร้อยละ 70 ของน้ำหนักแป้ง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย จากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยบูรพา (เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์) ประจำปี 2555

เอกสารอ้างอิง

กองบรรณาธิการ, 2553, มันพื้นบ้าน มันเทศ พืชใต้ดิน อาหารแห่งอนาคต บริโภคเพื่อสุขภาพทดแทนข้าวยามขาดแคลน. วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ, 13(3): 32-45.

Greene, J.L. and Bovell-Benjamin, A.C., 2004, Macroscopic and Sensory Evaluation of Bread Supplemented with Sweet-potato Flour, Journal of Food Science, 69(4): 167-173.

Hathorn, C.S., Biswas, M.A., Gichuhi, P.N. and Bovell-Benjamin, A.C., 2008, Comparison of Chemical, Physical, Microstructural, and Microbial Properties of Breads Supplemented with Sweet Potato Flour and High-gluten Dough Enhancers, Journal of LWT Food Science and Technology, 41: 803-815.

Masuda, M., Furuta, S., Nishiba, Y., Terahara, N. and Suda, I., 2002, Involvement of Anthocyanins and Other Phenolic Compounds in Radical-scavenging Activity of Purple-fleshed Sweet Potato Cultivars, Journal of Food Science, 67: 1752-1756.

Sangnark, A. and Noomhorm, A., 2004, Effects of Dietary Fiber form Sugarcane Bagasse and Sucrose Ester on Dough and Bread Properties, Lebensmittel Wissenschaft and Technologie, 37: 697-704.

Wu, K-L., Sung, W-C. and Yang, C-H., 2009, Characteristics of Dough and Bread as Affected by the Incorporation of Sweet Potato Paste in the Formulation, Journal of Marinescience and Technology, 17(1): 13-22.

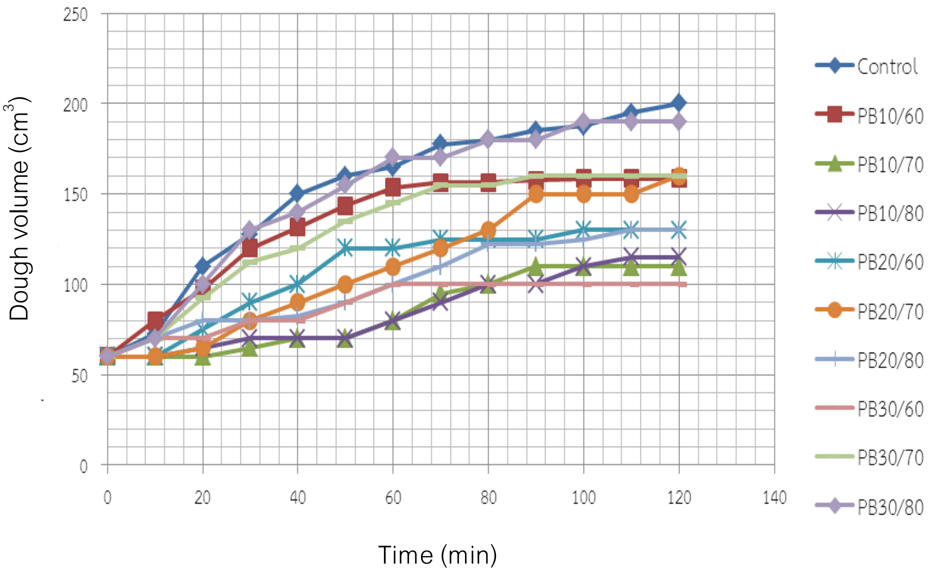


Figure 1 Expansion of dough from different amount purple sweet potato and water

Table 1 Specific volume, firmness and springiness of bread from different amount purple sweet potato and water

Sample	Specific volume (cm^3/g)	Firmness (N)	Springiness (%)
Control (100% wheat flour)	4.09 ± 0.05^{a}	3.32 ± 2.40^{d}	57.52 ± 0.67^{b}
PB10/60	3.88 ± 0.14^{b}	33.76 ± 0.87^{c}	61.69 ± 1.75^{a}
PB20/70	3.72 ± 0.04^{c}	49.08 ± 0.50^{b}	51.45 ± 1.23^{c}
PB30/80	3.17 ± 0.02^{d}	66.71 ± 0.40^{a}	36.39 ± 0.04^{d}

^{a,b,c,d} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 2 Sensory evaluation of bread from different amount purple sweet potato and water

Sample	Crust color	Crumb color	Flavor	Texture	Taste	All acceptance
Control	7.27 ± 1.44^{a}	6.10 ± 2.01^{b}	6.17 ± 1.86^{a}	6.60 ± 1.57^{b}	6.17 ± 1.68^{b}	6.60 ± 1.38^{b}
PB10/60	6.30 ± 1.49^{b}	5.23 ± 1.55^{c}	6.03 ± 1.47^{a}	5.73 ± 1.66^{c}	5.70 ± 1.26^{b}	5.80 ± 1.29^{c}
PB20/70	6.53 ± 1.10^{b}	6.70 ± 1.46^{ab}	6.67 ± 1.21^{a}	6.77 ± 1.10^{ab}	6.83 ± 1.09^{a}	7.16 ± 0.95^{ab}
PB30/80	5.90 ± 1.47^{b}	7.27 ± 1.75^{a}	6.36 ± 1.06^{a}	7.40 ± 1.13^{a}	7.40 ± 0.97^{a}	7.43 ± 1.10^{a}

^{a,b,c} Means within a column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

ผลของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ต่อคุณภาพของขนมชั้น

Effect of Pregelatinized Rice Flour on the Properties of Kanom Chan

ปณิดา คนหมั่น[1] วรธร ศรีฐูป[1] และ อโนชา สุขสมบูรณ์[1]
Konmun, P.[1], Srithoop, V.[1] and Suksomboon, A.[1]

Abstract

The objective of this research was to investigate the effect of pregelatinized rice flour on the qualities of Kanom Chan prepared from premixed flour. The results showed that flour mixture prepared from 48 g arrow root flour, 37 g tapioca flour, 15 g rice flour with the ratio of raw rice flour and pregelatinized rice flour at 75:25 50:50 25:75 and 0:100 showed higher peak viscosity, break down and final viscosity than those of the flour mixture without pregelatinized rice flour (100:0) ($p \leq 0.05$). The increasing of amount of pregelatinized rice flour caused viscosity of the premixed slurry increased ($p \leq 0.05$). The result showed that Kanom Chan prepared from mixture of raw rice flour and pregelatinized rice flour showed higher hardness, springiness and cohesiveness but lower adhesiveness than Kanom Chan prepared from flour mixture without pregelatinized rice flour ($p \leq 0.05$). Kanom Chan prepared from mixture of raw rice flour and pregelatinized rice flour had higher liking score for appearance, smoothness, layer separable, texture and overall acceptance than Kanom Chan without pregelatinized rice flour ($p \leq 0.05$).

Keywords: pregelatinized flour, rice flour, Kanom Chan

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ที่มีต่อคุณภาพของขนมชั้นที่เตรียมจากแป้งขนมชั้นสำเร็จรูป จากผลการทดลองพบว่าน้ำแป้งผสมที่เตรียมจากส่วนผสมของแป้งเท้ายายม่อม 48 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 37 กรัม แป้งข้าวเจ้า 15 กรัม ซึ่งมีอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าดิบต่อแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์เท่ากับ 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 มีค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดลดลง และค่าความหนืดสุดท้ายสูงกว่าน้ำแป้งผสมที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าดิบล้วน (100:0) ($p \leq 0.05$) และพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ทำให้ค่าความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยขนมชั้นที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าดิบกับแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์มีค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น และค่าการยึดเกาะกันภายในอาหารสูงกว่า แต่มีค่าการยึดติดของอาหารกับวัตถุต่ำกว่าขนมชั้นที่ไม่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ ($p \leq 0.05$) และพบว่าขนมชั้นที่มีแป้งข้าวเจ้าดิบผสมกับแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ความเรียบเนียนของหน้าขนม ความสามารถในการแยกชั้น ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน และมีคะแนนความชอบทุกด้านสูงกว่าขนมชั้นที่ไม่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: แป้งพรีเจลาทิไนซ์ แป้งข้าวเจ้า ขนมชั้น

คำนำ

ขนมชั้นเป็นขนมหวานที่ได้จากการนำส่วนผสมต่างๆ ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง แป้งท้าวยายม่อม และหัวกะทิมานวดให้เข้ากันดีแล้วใส่น้ำเชื่อมลงไป คนละลายให้เข้ากันและพักไว้ให้แป้งดูดซับน้ำเป็นเวลาประมาณ 15 นาที จากนั้นนำไปนึ่งให้สุกทีละชั้นจนได้ 7 หรือ 9 ชั้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกในการเตรียมขนมชั้นผู้วิจัยจึงสนใจในการทำแป้งผสม (premixed) ของขนมชั้นโดยผสมส่วนผสมต่างๆ ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง แป้งท้าวยายม่อม กะทิผง และน้ำตาล ซึ่งสามารถเตรียมเป็นขนมชั้นได้โดยการเติมน้ำในปริมาณที่เหมาะสมแล้วนำไปนึ่งให้เป็นขนมชั้นได้ทันที แต่จากผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าขนมชั้นที่เตรียมจากแป้งผสมมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกระด้างและมีเนื้อสัมผัสที่สากลิ้นซึ่งอาจเกิดจากแป้งไม่สุกเต็มที่ ทั้งนี้แป้งที่เป็นส่วนผสมในขนมชั้นที่สุกยากที่สุดคือแป้งข้าวเจ้าซึ่งมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนซ์เซชันสูง (60-77 องศาเซลเซียส) (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ผู้วิจัยจึงได้มีแนวทางการแก้ปัญหาโดยการนำแป้งข้าวเจ้ามาดัดแปรด้วยวิธีพรี

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี 20131
[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Bangsean, Chonburi, THAILAND 20131

เจลาทิไนซ์แล้วนำมาผสมในสูตร เพื่อให้ได้ขนมชั้นที่เตรียมได้มีเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น และยังลดเวลาในการนวดและพักน้ำแป้งก่อนนึ่ง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวพรีเจลาทิไนซ์และแป้งดิบที่มีต่อคุณลักษณะของขนมชั้นที่เตรียมจากแป้งผสม (premixed)

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ นำแป้งข้าวเจ้ามาผสมกับน้ำให้มีความเข้มข้นร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก และนำไปพรีเจลาทิไนซ์ด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว (drum dryer) ที่อุณหภูมิผิวหน้าลูกกลิ้ง 120 องศาเซลเซียส หมุนด้วยความเร็วรอบ 1.3 รอบ/นาที จากนั้นนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช นำไปหาความชื้นตามวิธี AOAC (2000) และหาค่าอัตราการเกิดเจลาทิไนเซชั่นตามวิธีของ Birch และ Priestley (1973)

การเตรียมแป้งผสม ผสมแป้งท้าวยายม่อม 48 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 37 กรัม และแป้งข้าวเจ้า 15 กรัม โดยใช้แป้งข้าวเจ้าดิบผสมแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ ในอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 แล้วนำแป้งผสมไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดด้วยเครื่อง Brabender Visco Amylograph จากนั้นนำแป้งผสมไปผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ น้ำตาลทราย กะทิผง และน้ำ ตามสูตรของ สำนักพิมพ์แสงแดด (2539) มาคนผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที นำน้ำแป้งมาวิเคราะห์ความหนืดโดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer

การเตรียมขนมชั้น นำน้ำแป้งที่เตรียมจากแป้งผสมไปนึ่งทีละชั้นจนครบ 7 ชั้น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วตัดขนมให้เป็นชิ้นขนาด 1.5x1.5 นิ้ว นำไป วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วย Texture analyzer (TA-XT2) และทดสอบทางประสาทสัมผัส แบบ 9-point hedonic scale โดยผู้ทดสอบ 30 คน

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพทุกด้าน ยกเว้นการประเมินด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ที่เตรียมได้มีความชื้นเท่ากับ 13.11 เปอร์เซ็นต์และอัตราการเกิดเจลาติไนซ์เท่ากับ 79.92 เปอร์เซ็นต์ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แป้งดัดแปรสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2535) จากผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้ง (Table 1) พบว่า น้ำแป้งผสมที่ใช้แป้งข้าวเจ้าดิบผสมแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ (75:25, 50:50, 25:75 และ0:100) มีค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) และค่าความหนืดลดลง (Break down) สูงกว่าน้ำแป้งผสมที่ใช้แป้งข้าวเจ้าดิบเพียงอย่างเดียว (100:0) และเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทีไนซ์พบว่าค่าความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดลดลงมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับค่าความหนืดสุดท้าย (Final Viscosity) พบว่า น้ำแป้งที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์มีค่าความหนืดสุดท้ายสูงกว่าน้ำแป้งจากแป้งผสมที่ใช้แป้งข้าวเจ้าดิบอย่างเดียว โดยค่าความหนืดสุดท้ายเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งพรีเจลทิไนซ์มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงในอัตราส่วนแป้งดิบต่อแป้งพรีเจลาทิไนซ์ 50:50 จากนั้นจะลดลง ทั้งนี้ กล้าณรงค์ และเกื้อกูล (2546) อธิบายว่า แป้งพรีเจลาทิไนซ์สามารถดูดซับน้ำและพองตัวได้ดี แต่มีแนวโน้มในการเกิดเจลลดลง จึงทำให้น้ำแป้งมีค่าความหนืดสุดสุดและค่าความหนืดลดลงที่สูง แต่ถ้าใช้ปริมาณมากทำให้ค่าความหนืดสุดท้ายซึ่งแสดงถึงการเกิดเจลมีค่าลดลง นอกจากนั้น จากผลการวิจัยที่แสดงดัง Table 1 แสดงให้เห็นว่าน้ำแป้งที่เตรียมจากแป้งผสมที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์มีความหนืดมากกว่าน้ำแป้งที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าดิบล้วน โดยเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์มากขึ้นทำให้ค่าความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย

จากผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมชั้น (Table 2) พบว่า ขนมชั้นที่เตรียมจากแป้งผสมที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ มีค่าความแข็งสูงกว่าขนมชั้นที่ไม่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ (p≤0.05) และเมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์มากขึ้นทำให้ค่าความแข็งมีแนวโน้มสูงขึ้น จนถึงปริมาณแป้งข้าวเจ้าดิบผสมแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ในอัตราส่วน 25:75 ขนมชั้นมีค่าความแข็งสูงที่สุดแล้วจึงมีค่าความแข็งลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์มากขึ้น นอกจากนั้นยัง พบว่า ขนมชั้นที่เตรียมจากแป้งผสมที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ มีค่าความยืดหยุ่นมากกว่าขนมชั้นที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าดิบเพียงอย่างเดียว (p≤0.05) แต่การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาทิไนซ์ไม่ทำให้ค่าการยืดหยุ่นมีความแตกต่างกัน (p>0.05)

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส (Table 3) พบว่า คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ ความเรียบเนียนของหน้าขนมชั้น ความสามารถในการแยกเป็นชั้น ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของขนมชั้นที่เตรียม

จากแป้งผสมที่ผสมแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ มีคะแนนความชอบในด้านต่างๆ มากกว่าขนมชั้นที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าดิบเพียงอย่างเดียว ($p \leq 0.05$) โดยขนมชั้นที่เตรียมจากแป้งผสมที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ในอัตราส่วนต่างๆ (75:25, 50:50, 25:75, 0:100) ได้รับคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

สรุปผล

การเพิ่มอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์มากขึ้นทำให้มีค่าความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดลงลงเพิ่มขึ้น แต่พบว่าค่าความหนืดสุดท้ายเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งเจลาทิไนซ์จนถึงปริมาณหนึ่ง ทำให้ความหนืดสุดท้ายลดลง นอกจากนั้นพบว่า การผสมแป้งพรีเจลาทิไนซ์ทำให้น้ำแป้งจากแป้งผสมมีความหนืดเพิ่มขึ้น ขนมชั้นที่ได้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น โดยขนมชั้นที่ใช้แป้งข้าวเจ้าดิบต่อแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ในอัตราส่วน 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 ของน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบในด้านต่างๆ สูงกว่าขนมชั้นที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าดิบเพียงอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, สำนักพิมพ์หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 303 หน้า.

สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2535, แป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร, กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

Association of Official Analytical Chemist (AOAC), 2000, Official Methods of Analysis, Arlington: Association of official Analytical Chemists.

Birch, G.G. and Priestley, R.J., 1973, Degree of Gelatinization of Cooked Rice, Starke, 25(3), 98-101. อ้างถึงใน ดารารัตน์ นาคละออ อาภัสรา แสงนาค และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2554, การปรับปรุงคุณภาพของแป้งเมล็ดขนุนโดยวิธีการพรีเจลาทิไนซ์, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 16: 12-21.

Table 1 Pasting properties of flour mixed with different ratio of raw rice flour : pregelatinized rice flour

Sample*	Peak viscosity (BU)	Break down (BU)	Final Viscosity (BU)
100:0	394.93±5.66[d]	277.00±00.00[c]	196.50±0.71[e]
75:25	691.30±9.89[c]	471.50± 6.36[b]	357.50±6.36[b]
50:50	711.05±2.83[b]	488.00± 2.83[b]	375.50±3.53[a]
25:75	733.95±9.89[a]	540.50±16.26[a]	343.50±9.19[c]
0:100	711.30±9.89[b]	536.50±10.61[a]	303.50±0.71[d]

* Flour mixer sample with different ratio of raw rice flour : pregelatinized rice flour

a-e Means within a column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 2 Slurry viscosity, firmness and springiness of Kanom Chan with different ratio of raw rice flour : pregelatinized rice flour

Sample*	Slurry viscosity (cP)	Firmness (g)	Springiness
100:0	48.72±1.16[e]	706.75±1.29[e]	0.86±0.01[b]
75:25	59.99±0.30[d]	867.63±1.14[c]	0.88±0.01[a]
50:50	67.69±0.35[c]	899.16±0.46[b]	0.88±0.00[a]
25:75	80.25±0.81[b]	993.99±1.80[a]	0.87±0.01[ab]
0:100	82.42±0.83[a]	719.49±0.85[d]	0.88±0.00[a]

* Flour mixer sample and Kanom Chan with different ratio of raw rice flour : pregelatinized rice flour

a-e Means within a column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 3 Sensory evaluation of Kanom Chan prepared from the different ratio of raw rice flour : pregelatinized rice flour

Sample*	Appearance	Smoothness	Layer separable	Texture	All acceptance
100:0	5.83±1.83[b]	4.53±1.73[b]	5.33±1.32[b]	6.23±1.38[b]	6.10±1.24[b]
75:25	6.96±1.37[a]	6.66±1.02[ab]	6.40±1.40[a]	6.70±1.29[ab]	6.93±1.22[a]
50:50	6.70±1.26[a]	6.26±1.46[ab]	6.53±1.22[a]	7.13±1.16[a]	7.20±1.09[a]
25:75	7.20±1.37[a]	7.00±1.28[a]	6.90±1.12[a]	7.06±1.17[a]	7.50±0.90[a]
0:100	6.90±1.29[a]	6.76±1.54[ab]	6.33±1.47[a]	6.93±1.14[a]	7.10±1.26[a]

* Kanom Chan sample prepared from the different ratio of raw rice flour : pregelatinized rice flour

a,b Means within a column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

การผลิตเต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าวเพื่อสุขภาพและการยอมรับของผู้บริโภค

Production and Consumer Acceptance of Healthy Jelly Pudding with Nata de coco

เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์[1]

Ieowsakulrat, S.[1]

Abstract

The objective of this study was to investigate the formula and consumer acceptance of healthy jelly pudding with Nata de coco. This study used sweet (drain syrup) Nata de coco to substitute su gar in pandanus jelly pudding. The formulas were evaluated by sensory test using 9-point Hedonic scale. The selected formula was tested chemical composition, sugar level (°Brix), consumer test, and shelf life at 4-10°C using microbial spoilage. The result of this study showed the highest score of texture, taste, and overall acceptance obtained the formula that using 3 times of Nata de coco to substitute sugar ($p \leq 0.05$). The acceptance product composed of 87.60% moisture, 1.33% protein, 3.06% fat, 7.71% carbohydrate, 0.30% ash and 12°Brix of sugar (19°Brix for control formula). Study on sensory analysis from 114 consumers using 5-point Hedonic scale, the most of age group was 17-22 years (73.68%), the overall acceptance of this products was 3.65. Price of this product could be 20-25 baht per cup that 78.07% of consumers were willing to buy Nata de coco jelly pudding. The results indicated the possibility of the first factor for buying was the taste of product (60.00%). Shelf-life assessment of this product at 4–10°C was 9 days.

Keywords: jelly pudding, Nata de coco, consumer acceptance

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาสูตรเต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าวเพื่อสุขภาพ และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ทำการทดลองโดยใช้วุ้นน้ำมะพร้าวในน้ำเชื่อม(สะเด็ดน้ำเชื่อม) มาทดแทนน้ำตาลในเต้าฮวยนมสดใบเตย คัดเลือกสูตรด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบ 9-point Hedonic scale จากนั้นนำสูตรที่ได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณน้ำตาล(°Brix) ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4–10°C โดยการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ชิม พบว่า เต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าวสูตรทดแทนน้ำตาล 3 เท่า ได้รับคะแนนด้านเนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรอื่น ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณความชื้น 87.60% โปรตีน 1.33% ไขมัน 3.06% คาร์โบไฮเดรต 7.71% และเถ้า 0.30% ส่วนปริมาณน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 12 °Brix (สูตรพื้นฐานมีปริมาณน้ำตาลเท่ากับ 19°Brix) การศึกษาทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค 114 คน โดยใช้แบบทดสอบ 5- point Hedonic scale พบว่า ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ย เท่ากับ 3.65 จากผู้บริโภคส่วนใหญ่อายุ 17- 22 ปี (74%) และผู้บริโภคส่วนใหญ่ (78%) ยินดีที่ซื้อสินค้านี้ในราคา 20 – 25 บาท ต่อ 1 ถ้วย สำหรับปัจจัยที่มีความสำคัญที่เป็นไปได้เป็นอันดับหนึ่งในการซื้อ คือ รสชาติ (42%) สำหรับการประเมินอายุการเก็บสามารถเก็บได้นาน 8 วันที่อุณหภูมิ 4 – 10 °C

คำสำคัญ: เต้าฮวยนมสด วุ้นน้ำมะพร้าว การยอมรับของผู้บริโภค

คำนำ

เต้าฮวยนมสดเป็นอาหารชนิดหนึ่งที่คนไทยนิยมบริโภค เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพอากาศร้อน คนไทยจึงนิยมบริโภคอาหารที่ทำให้รู้สึกสดชื่น นอกจากนี้คนไทยได้เริ่มสนใจในสุขภาพมากขึ้น เช่น บริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลลดลง ใยอาหารสูงขึ้น หรือมีการเสริมด้วยสมุนไพร เป็นต้น วุ้นน้ำมะพร้าว (อลิสรา, 2554) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกระบวนการหมักน้ำมะพร้าว ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรและวุ้นน้ำมะพร้าวจัดเป็นอาหารที่ให้ใยอาหาร และการบริโภควุ้นน้ำมะพร้าวโดยทั่วไปเป็นของหวาน เช่น วุ้นน้ำมะพร้าวในน้ำเชื่อม ดังนั้นโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรเต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าวเพื่อสุขภาพ ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

[1] สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร 10400

[1] Department of Food Business Management, School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok 10400

ทั้งนี้ได้มีการศึกษาในเบื้องต้นเพื่อเลือกสูตรเต้าฮวยนมสดที่ใช้น้ำสมุนไพร โดยได้คัดเลือกสูตรโดยการประเมินผลทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรที่ใช้น้ำใบเตยเป็นสูตรที่ได้รับคะแนนจากผู้ชิมดีที่สุด จึงใช้เป็นสูตรพื้นฐานในงานวิจัยนี้

อุปกรณ์และวิธีการ

1.การศึกษาสูตรเต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าว

ในการศึกษานี้ใช้วุ้นน้ำมะพร้าวในน้ำเชื่อมมาสะเด็ดน้ำเชื่อม 5 นาที แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 1 นาที ได้เป็นวุ้นน้ำมะพร้าวปั่นหยาบ เพื่อใช้ในสูตรเต้าฮวยนมสดใบเตยผสมวุ้นน้ำมะพร้าว ส่วนผสมสำหรับสูตรต่างๆ เป็นไปตาม Table 1 โดยนำวัตถุดิบต่างๆ มาผสมกัน แล้วนำไปต้มให้เดือด เทใส่ภาชนะที่เตรียมไว้ นำไปแช่เย็นที่ 4-10°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ได้เป็นเต้าฮวยนมสดสูตรต่างๆ (สูตรทำเต้าฮวยนมสด, 2552)

Table 1 Recipe of jelly pudding formulas

Ingredients (g)	Control formula	Formula 1	Formula 2	Formula 3
milk	400	400	400	400
water	540	540	540	540
agar	6	6	6	6
pandanus water	60	60	60	60
sugar	150	-	-	-
sweet nata de coco	-	150	300	450

Pandanus water : blended 10 g of pandanus in 100 g of water for 5 minutes and filtrated.
Sweet Nata de coco : drained nata de coco in syrup and blended for 1 minute.

2.การทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อเลือกสูตรเต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าว

เตรียมเต้าฮวยนมสดสูตรใบเตยทั้ง 3 สูตร ได้แก่ เต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าวทดแทนน้ำตาล 1, 2 และ 3 เท่า (อุณหภูมิ 4 – 10°C) นำมาเติมนมสด 10 มิลลิลิตร และฟรุตสลัดประมาณ 1 ช้อนชา (อุณหภูมิ 4 –10°C) แล้วเสิร์ฟให้ผู้ชิมทันที ให้ผู้ชิมจำนวน 30 คน ทำแบบทดสอบความชอบ 9 – point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9= ชอบมากที่สุด) ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวม นำผลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) โดยใช้การทดสอบแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ

3.การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ

นำผลิตภัณฑ์เต้าฮวยนมสดสูตรใบเตยผสมวุ้นน้ำมะพร้าวที่ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน ตามวิธี AOAC (2005) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตใช้วิธี By difference วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยใช้เครื่อง Refractometer และทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texturometer

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

นำผลิตภัณฑ์เต้าฮวยนมสดสูตรใบเตยผสมวุ้นน้ำมะพร้าวที่ได้รับการยอมรับจากผู้ชิม ไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยทำการทดสอบจากผู้บริโภค 114 คน ภายในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการทดสอบเพื่อคัดเลือกสูตรในขั้นตอนแรก และเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์เต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าวเพื่อสุขภาพที่จะขายจริง(เต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าว 60 กรัม นมสด 20 กรัม และฟรุตสลัด 30 กรัม บรรจุในถ้วยพลาสติกที่มีฝาปิด)ให้ผู้บริโภคได้พิจารณาเพื่อการตอบแบบสอบถาม สำหรับแบบสอบถามแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ คำถามทั่วไป ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อสินค้า และแบบทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ 5-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 5= ชอบมากที่สุด) และการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นี้พร้อมเหตุผล

5. การศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 – 10 °C

นำผลิตภัณฑ์เต้าฮวยนมสดสูตรใบเตยผสมวุ้นน้ำมะพร้าวที่ได้รับการคัดเลือกบรรจุในถ้วยพลาสติกพร้อมฝาปิด เก็บที่อุณหภูมิ 4 – 10°C สุ่มตัวอย่างตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ทุกๆ 2 วัน ด้วยวิธี Total plate count

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเต้าฮวยนมสดสูตรใบเตยที่เสริมวุ้นน้ำมะพร้าวทดแทนน้ำตาล พบว่าผู้ชิมให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนน้ำตาล 3 เท่า สูงกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) (Table 2)

Table 2 Sensory evaluation of jelly pudding with nata de coco products

Attribute	Test score of jelly pudding with nata de coco products*		
	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Appearance [ns]	6.78 ± 1.21	6.78 ± 1.39	6.94 ± 1.34
Color [ns]	6.53 ± 1.24	6.63 ± 1.29	6.75 ± 1.22
Flavor	6.03 ± 1.31[b]	6.41 ± 1.32 [ab]	6.78 ± 1.41[a]
Texture	5.59 ± 1.34[c]	6.38 ± 1.56[b]	6.94 ± 1.61[a]
Taste	5.16 ± 1.74[c]	6.53 ± 1.63[b]	7.25 ± 1.32[a]
Overall acceptance	5.69 ± 1.45[c]	6.72 ± 1.37[b]	7.22 ± 1.10[a]

*mean ± SD

[a,b,c] Values with different letter in same column significantly different. ($p\leq0.05$)

[ns] non significantly different ($p\leq0.05$)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนความชอบของเต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าวโดยทดแทนน้ำตาล 3 เท่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เทียบกับเต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าวโดยทดแทนน้ำตาล 1 และ 2 เท่า ในด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ดังนั้น จึงได้เลือกเต้าฮวยนมสดผสมวุ้นน้ำมะพร้าวโดยทดแทนน้ำตาล 3 เท่า (formula 3) ไปทำการทดลองต่อไป และเมื่อนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ 3.65 (Table 3) และมีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด จากผู้บริโภคที่มีอายุช่วง 17 - 22 ปี (73.68%) ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยินดีที่ซื้อผลิตภัณฑ์นี้ (78.07%) ในราคา 20-25 บาท ต่อ 1 ถ้วย และภายหลังการชิมผลิตภัณฑ์นี้แล้วพบว่าในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นี้เหตุผลอันดับหนึ่ง คือ รสชาติ (42% โดยมีผู้ตอบคำถามนี้ 100 คน) ซึ่งให้ผลที่ได้สอดคล้องจากการสอบถามในเบื้องต้น (จาก 114 คน) พบว่า ปัจจัยที่เลือกเป็นอันดับหนึ่งและอันดับสองในการเลือกซื้ออาหารคือ รสชาติ (52.64% และ 31.58%) นอกจากนี้ยังพบว่า มีผู้บริโภคที่ให้เหตุผลการซื้อผลิตภัณฑ์นี้ว่า น่ารับประทาน (7%) และมีความแปลกใหม่ (5%) นั่นคือ ผู้บริโภคที่เป็นกลุ่มวัยรุ่นมีมุมมองในเรื่องรูปลักษณ์และความแปลกใหม่ในสินค้า

Table 3 Result of consumer evaluation of jelly pudding with Nata de coco products

Factor	Attributes	Score*
Consumer acceptance	Appearance	3.75 ± 0.71
(5-point hedonic scale)	Color	3.54 ± 0.81
	Flavor	3.70 ± 0.85
	Texture	3.09 ± 0.98
	Taste	3.60 ± 0.87
	Overall acceptance	3.66 ± 0.83

*mean ± SD

ส่วนองค์ประกอบทางเคมีพบว่าผลิตภัณฑ์นี้มีปริมาณความชื้น 87.60%, โปรตีน 1.33% ไขมัน 3.06% คาร์โบไฮเดรต 7.71% และเถ้า 0.30% และสามารถเก็บผลิตภัณฑ์นี้ได้นาน 8 วัน ที่อุณหภูมิ 4-10°C (ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินค่ามาตรฐานตาม มผช 528/2547 (2547)) นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลของผลิตภัณฑ์นี้มีค่าเท่ากับ 12°Brix ส่วนสูตรพื้นฐาน สูตรที่ผสมวุ้นน้ำมะพร้าวทดแทนน้ำตาล 1 เท่า และ 2 เท่า มีปริมาณน้ำตาลเท่ากับ 19, 8 และ 10°Brix (ตามลำดับ) และมีค่าแรงเจาะของสูตรพื้นฐาน 0.513 N และผลิตภัณฑ์นี้ 0.694 N ซึ่งจากผลการทดสอบผู้บริโภคนั้นให้เหตุผลและข้อเสนอแนะว่ามีความหวานที่น้อยเกินไปและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แข็งเกินไปโดยสอดคล้องกับการทดสอบด้วยเครื่องมือ

สรุปผล

ผลิตภัณฑ์เต้าฮวยนมสดใบเตยที่ผสมวุ้นน้ำมะพร้าวทดแทนน้ำตาล 3 เท่าสามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตเต้าฮวยนมสดเพื่อสุขภาพได้ โดยเน้นความหวานน้อยและยังเพิ่มใยอาหารอีกด้วย แต่อาจต้องมีการปรับปรุงสูตรในด้านรสชาติ สีและเนื้อสัมผัสเพื่อให้ผู้บริโภคมีความพึงพอใจ จากงานวิจัยนี้ผู้บริโภคมีแนวโน้มในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นี้

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นางสาวสุรีย์พร รัชตะสมบูรณ์ ที่ช่วยในการทำวิจัยและเก็บข้อมูลในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 528/2547, 2547, เต้าหู้นมสด [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps528_47.pdf [10 ธันวาคม 2555]

สูตรทำเต้าฮวยนมสด, 2552, [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : http://www.pantown.com/board.php?id=5495&area=4&name=board32&topic=96&action=view [10 ธันวาคม 2555]

อลิสรา คูประสิทธิ์, 2554, วุ้นมะพร้าว [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : http://www.tistr.or.th/tistrblog/?p=1171 [10 ธันวาคม 2555]

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 2005, Official Method of Analysis.15th ed., Arlington: The Association of Official Analytical Chemists.

การสกัดเพคตินจากเปลือกผัก และผลไม้

Extraction of Pectin from Peels of Vegetables and Fruits

ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล[1] ปฏิมา ทองขวัญ[1] และ ศิริลักษณ์ สรงพรมทิพย์[1]

Larptansuphaphol, T.[1], Thongkwan, P.[1] and Songpromtip, S.[1]

Abstract

Pectin is a structural polysaccharide found in fruits and vegetables. It is commonly used as a gelling agent, thickener and stabilizer in food industry. The objective of this research was to compare extracted pectin from eight types of fruit and vegetable peels by distilled water and hydrochloric acid as extracting solvents. The results showed that extracted pectin from lime peels by hydrochloric acid had the maximum yield (16.36±1.43%) and the minimum yield (3.27±0.19%) was from hydrochloric acid extracted banana peels. Moreover, the maximum methoxyl pectin (14.43±0.92 %) was from hydrochloric acid extracted mango peels and the minimum methoxyl pectin (11.38±0.47%) was from hydrochloric acid extracted lime peels which was the most similar to commercial pectin (methoxyl 11.50±0.13%). Furthermore, the maximum moisture content (12.40±0.40%) was from hydrochloric acid extracted banana peels whereas distilled water extracted bergamot (kaffir lime) peels had the minimum moisture content (2.93±0.31%) that was the most similar to commercial pectin (moisture content 2.53±0.12%). Moreover, the most similar color to commercial pectin was pectin from distilled water extracted pummelo peels.

Keywords: pectin, peels, extracting solvent, methoxyl

บทคัดย่อ

เพคตินเป็นสารประกอบพอลีแซคคาไรด์ที่มีอยู่มากในผัก และผลไม้ นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยทำหน้าที่เป็น Thickener, Gelling agent, Stabilizerเป็นต้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการสกัดเพคตินจากเปลือกผัก และผลไม้ 8 ชนิด โดยการใช้กรดไฮโดรคลอริกและน้ำกลั่นจากผลการวิจัยพบว่าเพคตินจากเปลือกมะนาวที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีปริมาณเพคตินสูงที่สุดคือ 16.36±1.43% และเพคตินจากเปลือกกล้วยที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเพคตินต่ำที่สุด คือ 3.27±0.19 % จากการเปรียบเทียบปริมาณเมทอกซิล พบว่า เพคตินจากมะม่วงที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเมทอกซิลสูงที่สุดคือ 14.43±0.92%เพคตินจากเปลือกมะนาวที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเมทอกซิลต่ำที่สุด คือ11.38±0.47% และมีปริมาณเมทอกซิลใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า (มีปริมาณเมทอกซิล 11.50±0.13%) มากที่สุดจากการเปรียบเทียบค่าความชื้น พบว่า เพคตินจากเปลือกกล้วยที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีค่าความชื้นสูงที่สุด คือ 12.40±0.40% เพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าความชื้นต่ำที่สุด คือ 2.93±0.31% และมีค่าความชื้นใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า (มีค่าความชื้น 2.53±0.12%) มากที่สุดส่วนสีมีความใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้ามากที่สุดได้จากเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอ ด้วยน้ำกลั่น

คำสำคัญ: เพคติน เปลือก ตัวทำละลายสกัด เมทอกซิล

คำนำ

ปัจจุบันมีของเสียเหลือทิ้งจากแหล่งต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นของเสียที่เหลือทิ้งจากครัวเรือน แหล่งค้าขาย หรืออุตสาหกรรมต่างๆ จะถูกทิ้งโดยที่ไม่คำนึงถึงประโยชน์ที่จะสามารถนำไปใช้ต่อได้ โดยเฉพาะของเสียเหลือทิ้งตามธรรมชาติที่ไม่ได้ถูกนำมาใช้ทำประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น เปลือกของผัก และผลไม้หลากหลายชนิด จากการศึกษาพบว่าในเปลือกของผักและผลไม้เหล่านี้จะมีเพคตินสะสมอยู่ในปริมาณมากโดยเพคตินนี้เป็นสารประกอบ Polysaccharide ที่พบตามธรรมชาติ (ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานของผนังเซลล์พืชชั้นสูง) สามารถผสมกับน้ำและสารประกอบอื่นๆ บางอย่าง และทำหน้าที่เป็น thickener, gelling agent, stabilizer, emulsifier และ cation-binding agent เป็นต้น (ฉัตรชัย และคณะ, 2548) ดังนั้นจึงเป็นการเพิ่ม

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ แขวงวงศ์สว่าง บางซื่อ กทม. 10800

[1] Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Wongsavang, Bangsue, Bangkok 10800

มูลค่าให้กับวัสดุของเสียเหลือทิ้ง นอกจากนั้นยังพบว่าอุตสาหกรรมของไทยโดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหาร มีการสั่งนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เพื่อนำมาเป็นส่วนประกอบในการแปรรูปอาหาร อีกทั้งยังพบว่า เพคตินที่มีการสั่งนำเข้านี้มีราคาที่ค่อนข้างสูงส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการวิจัยนี้จึงใช้วัตถุดิบหลักคือเปลือกของผัก และผลไม้ 8 ชนิด ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในการนำมาสกัดเพคตินโดยอาจเป็นทางเลือกในการลดต้นทุนการนำเข้าเพคตินที่มีราคาสูงจากต่างประเทศอีกทั้งยังเป็นการลดหรือใช้ของเสียเหลือทิ้งมาทำให้เกิดประโยชน์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. **การเตรียมตัวอย่าง** (ดัดแปลงจาก ขนิษฐา, 2545) นำเปลือกกล้วยเปลือกทับทิม เปลือกมะกรูด เปลือกมะนาว เปลือกมะม่วง เปลือกส้มเช้ง เปลือกส้มสายน้ำผึ้ง และเปลือกส้มโอส่วนที่เป็นสีขาวมาล้างน้ำทำความสะอาด โดยทำการล้างน้ำหลายๆ ครั้งจนน้ำที่ทำการล้างจะใส บดด้วยเครื่องบด ต้มเปลือกแต่ละชนิด ในเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที บีบเอาเอทานอลออกล้างเปลือกด้วยน้ำ และบีบเอาน้ำออก โดยทำเช่นนี้ 3 ครั้ง นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส แล้วชั่งน้ำหนักบดด้วยเครื่องบด เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

2. **การสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก** (ดัดแปลงจาก ขนิษฐา, 2545) นำเปลือกกล้วยเปลือกทับทิม เปลือกมะกรูด เปลือกมะนาว เปลือกมะม่วง เปลือกส้มเช้ง เปลือกส้มสายน้ำผึ้ง และเปลือกส้มโอส่วนที่เป็นสีขาวบดแห้งที่เตรียมไว้ ใส่บีกเกอร์บีกเกอร์ละ 40 กรัม เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 โมลาร์ อัตราส่วนของเปลือกบดแห้งต่อกรดไฮโดรคลอริก เท่ากับ 1:12 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v) นำไปสกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส 60 นาที กรองผ่านผ้าขาวบาง 1 ชั้น แล้วนำเปลือกที่กรองได้ไปเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 โมลาร์ อัตราส่วนของเปลือกต่อกรดไฮโดรคลอริกเท่ากับ 1:12 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v) แล้วนำไปสกัดอีกครั้ง กรองผ่านผ้าขาวบาง 1 ชั้น นำสารละลายที่ได้ทั้งสองครั้งมารวมกัน ทำการตกตะกอนเพคติน โดยเติมเอทานอลเข้มข้น 95% ในอัตราส่วนสารละลายต่อเอทานอล 1:1 โดยปริมาตร (v/v) ทำการคนผสมแรงๆ ให้เข้ากัน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 ชั่วโมง กรองแยกเอาตะกอนเพคตินผ่านผ้าแก้ว 2 ชั้น ด้วย Buchner funnel พร้อมทั้งล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยเอทานอล 95% จำนวน 3 ครั้ง ล้างตะกอนเพคตินด้วยอะซิโตนความเข้มข้น 50% จำนวน 3 ครั้ง นำตะกอนเพคตินที่ได้อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วบดให้เป็นผง

3. **การสกัดด้วยน้ำกลั่น** (ดัดแปลงจาก ขนิษฐา, 2545) นำเปลือกกล้วย เปลือกทับทิม เปลือกมะกรูด เปลือกมะนาว เปลือกมะม่วง เปลือกส้มเช้ง เปลือกส้มสายน้ำผึ้ง และเปลือกส้มโอส่วนที่เป็นสีขาวบดแห้งที่เตรียมไว้ ใส่บีกเกอร์บีกเกอร์ละ 40 กรัม เติมน้ำกลั่น อัตราส่วนของเปลือกบดแห้งต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1:12 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v) นำไปสกัดในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที กรองผ่านผ้าขาวบาง 1 ชั้น แล้วนำเปลือกที่กรองได้ไปเติมน้ำกลั่น อัตราส่วนของเปลือกต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1:12 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v) แล้วนำไปสกัดอีกครั้ง กรองผ่านผ้าขาวบาง 1 ชั้น นำสารละลายที่ได้ทั้งสองครั้งมารวมกัน ทำการตกตะกอนเพคติน โดยเติมเอทานอลเข้มข้น 95% ในอัตราส่วนสารละลายต่อเอทานอล 1:1 โดยปริมาตร (v/v) ทำการคนผสมแรงๆ ให้เข้ากัน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ ห้องเป็นเวลา 15 ชั่วโมง กรองแยกเอาตะกอนเพคตินผ่านผ้าแก้ว 2 ชั้น ด้วย Buchner funnel พร้อมทั้งล้างตะกอน เพคตินที่ได้ด้วยเอทานอล 95% จำนวน 3 ครั้ง ล้างตะกอนเพคตินด้วยอะซิโตนความเข้มข้น 50% จำนวน 3 ครั้ง นำตะกอนเพคตินที่ได้อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วบดให้เป็นผง

4. **การหาปริมาณเมทอกซิล** (ดัดแปลงจาก ขนิษฐา, 2545) ชั่งน้ำหนักเพคตินผง ทั้งที่ได้จากการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก และจากการสกัดด้วยน้ำกลั่นใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ขวดละ 0.5 กรัม เติมเอทานอลลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 2 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำที่ปราศจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ขวดละ 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีนลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 1 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าแรงๆ ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าจนสีชมพูหายไป หยดฟีนอล์ฟทาลีนลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลาร์ แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 2 แล้วคำนวณหาค่า Degree of esterification (DE)

5. **การวิเคราะห์หาค่าความชื้น** อบถ้วยกระเบื้อง ในตู้อบร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที จากนั้นนำถ้วยออกจากตู้อบ ใส่ในโถดูดความชื้น แล้วทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนักถ้วย ใส่ตัวอย่างเพคตินผงประมาณ 0.50 กรัม ลงในถ้วย บันทึกน้ำหนักถ้วย และตัวอย่างเริ่มต้น นำถ้วยพร้อมตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง

จากนั้นนำถ้วยพร้อมตัวอย่างออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักถ้วย และตัวอย่างหลังอบแล้ว คำนวณหาค่าความชื้น

6. **การวัดค่าสี** การกำหนดมาตรฐานลำดับชั้นสีในปัจจุบันนิยมใช้ระบบ CIE 1976 L*a*b* (CIELAB) ซึ่งเป็นการกำหนดค่าโคออร์ดิเนตของสีใน 3 มิติ วัดสีโดยวัดค่า L*, a*, b* โดยใช้เครื่องวัดค่าสี Hunter Laboratory Color Quest 45/0 โดยวัดค่าเฉลี่ยสีผิวของเพคตินที่สกัดได้

เมื่อ L* = ค่าความสว่าง ถ้าค่า L* มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีทึบ ถ้าค่า L* มีค่าเข้าใกล้ 100 หมายถึงวัตถุมีสีสว่าง

a* = ค่าที่แสดงถึงสีแดงและสีเขียว ถ้าค่า a* เป็นบวก (+) วัตถุมีสีออกแดง แต่ถ้าค่า a* เป็นลบ (-) วัตถุมีสีออกเขียว

b* = ค่าที่แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน ถ้าค่า b* เป็นบวก (+) วัตถุมีสีออกเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบ (-) วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

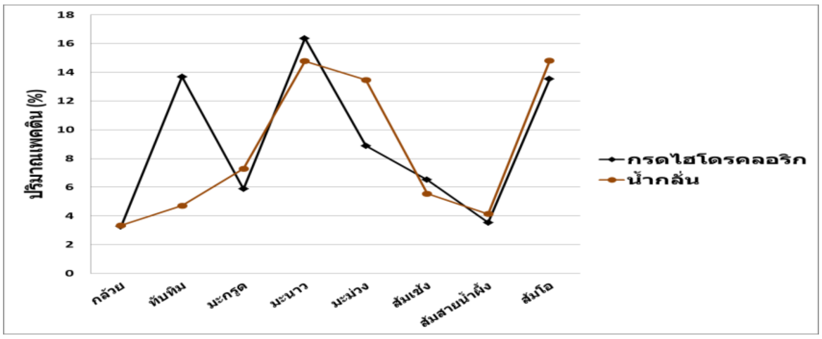


Figure 1 Percentage of pectin extracted by hydrochloric acid and distilled water

ปริมาณเพคตินที่สกัดได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 3.27–16.36% เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกกับน้ำกลั่น พบว่า เพคตินจากเปลือกมะนาวที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเพคตินสูงที่สุด คือ 16.36±1.43% และ เพคตินจากเปลือกกล้วยที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีปริมาณเพคตินต่ำที่สุด คือ 3.27±0.19% ดังรูป Figure 1

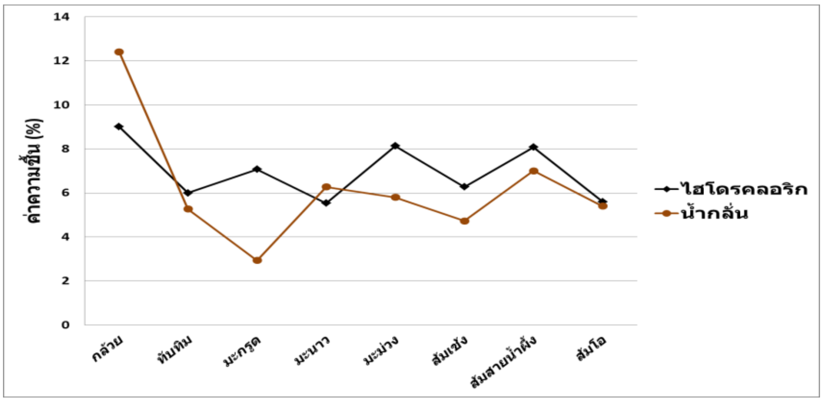


Figure 2 Moisture content of pectin extracted by hydrochloric acid and distilled water

จากการทดลองพบว่าเพคตินที่สกัดได้จะมีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 2.93–12.40% (Figure 2) โดยเพคตินจากเปลือกกล้วยที่สกัดด้วยน้ำกลั่น จะมีค่าความชื้นสูงที่สุด คือ 12.40±0.40% และเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยน้ำกลั่น จะมีค่าความชื้นต่ำที่สุด คือ 2.93±0.31% ดังรูป Figure 3 และ เมื่อเปรียบเทียบค่าความชื้นของเพคตินที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้า พบว่า เพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยน้ำกลั่น จะมีค่าความชื้นใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า (ค่าความชื้น 2.53±0.12%) มากที่สุด

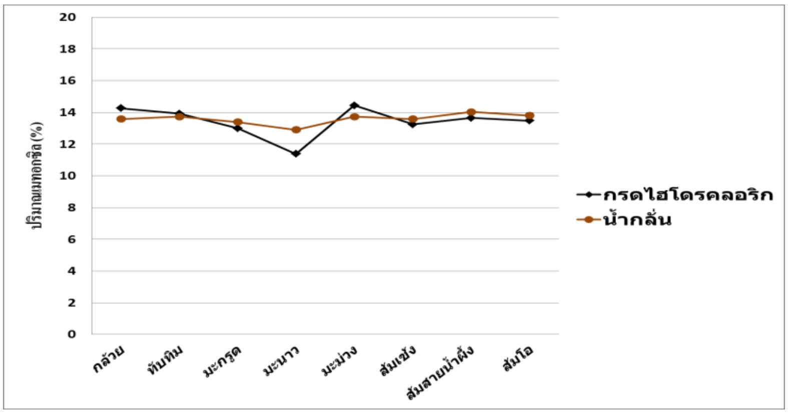


Figure 3 Percentage of methoxyl in pectin extracted by hydrochloric acid and distilled water

จากการทดลองพบว่าเพคตินที่สกัดได้จะมีปริมาณเมทอกซิลอยู่ระหว่าง 11.38–14.43% โดยเพคตินจากมะม่วงที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเมทอกซิลสูงที่สุด คือ 14.43±0.92% ส่วนเพคตินจากเปลือกมะนาวที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเมทอกซิลต่ำที่สุด คือ 11.38±0.47% ดังรูป Figure 4 และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเมทอกซิลในเพคตินที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้า พบว่า เพคตินจากเปลือกมะนาวที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเมทอกซิลใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า (มีปริมาณเมทอกซิล 11.50±0.13%) มากที่สุด

จากการวิเคราะห์ค่าสีของเพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกกับน้ำกลั่น เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่าง (ค่า L*) พบว่า เพคตินจากเปลือกส้มโอที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีค่า L* สูงที่สุด คือ 71.64±1.97 และเพคตินจากเปลือกกล้วยที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีค่า L* ต่ำที่สุด คือ 22.34±0.89 เมื่อเปรียบเทียบค่าสีแดง และสีเขียว (ค่า a*) พบว่า เพคตินจากเปลือกทับทิมที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีค่า a* สูงที่สุด คือ +8.38±0.36 และเพคตินจากเปลือกส้มโอที่สกัด ด้วยน้ำกลั่น มีค่า a* ต่ำที่สุด คือ -1.11±0.07 เมื่อเปรียบเทียบค่าสีเหลือง และสีน้ำเงิน (ค่า b*) พบว่า เพคตินจากเปลือกส้มสายน้ำผึ้งที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่า b* สูงที่สุด คือ +20.26±0.69 และเพคตินจากเปลือกกล้วยที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่า b* ต่ำที่สุด คือ +0.68±0.04 และเมื่อเปรียบเทียบค่าสีของเพคตินที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้า พบว่า เพคตินจากเปลือกส้มโอที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีค่า L* ใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า (มีค่า L* 70.69±0.46) มากที่สุด เพคตินจากเปลือกส้มโอที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่า a* ใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า (มีค่า a* -1.02±0.17) มากที่สุด และเพคตินจากเปลือกส้มโอที่สกัดด้วยน้ำกลั่น ยังมีค่า b* ใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า (มีค่า b* +9.79±0.15) มากที่สุดอีกด้วย

สรุปผล

เพคตินจากเปลือกมะนาวที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีปริมาณเพคตินสูงที่สุดคือ 6.54±0.57 กรัมและเพคตินจากเปลือกกล้วยที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเพคตินต่ำที่สุด คือ 1.31±0.08 กรัมจากการเปรียบเทียบปริมาณเมทอกซิล พบว่า เพคตินจากมะม่วงที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเมทอกซิลสูงที่สุด คือ 14.43±0.92% เพคตินจากเปลือกมะนาวที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีปริมาณเมทอกซิลต่ำที่สุด คือ11.38±0.47% และมีปริมาณเมทอกซิลใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า (มีปริมาณเมทอกซิล 11.50±0.13%) มากที่สุดจากการเปรียบเทียบค่าความชื้น พบว่า เพคตินจากเปลือกกล้วยที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีค่าความชื้นสูงที่สุด คือ 12.40±0.40% เพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าความชื้นต่ำที่สุด คือ 2.93±0.31% และมีค่าความชื้นใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า (มีค่าความชื้น 2.53±0.12%) มากที่สุดส่วนสีมีความใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้ามากที่สุดได้จากเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอ ด้วยน้ำกลั่น

เอกสารอ้างอิง

ขนิษฐา เลิกชัยภูมิ, 2545, การสกัดเพคตินจากส้มมะงั่วและการใช้ประโยชน์ในระบบอาหาร, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ฉัตรชัย สังข์ผุด จีราภรณ์ สังข์ผุด และ นพรัตน์ ผาสุข, 2548, คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพคตินที่สกัดจากผลส้มโอ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 437-440 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 437-440 (2556)

ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่

Efficiency of Antibacterial Activity from Garlic and Onion Extracts

สุญาณี มงคลตรีรัตน์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Mongkoltrirat, S.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

This research was aimed to compare the antibacterial activity of fresh and dried garlic or onion extracts with water at 30, 45 and 60°C for 3 hours, against three bacterial strains: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* sp. by disc diffusion method. The result showed that yield of fresh and dried garlic and onion extracted with water at 60°C gave the highest value, at 45.26%, 43.72% and 48.43%, 44.57%, respectively. Although dried garlic extract at 45°C could inhibit the maximum growth of three bacterial strains, their inhibition zone was 19.75, 30.63 and 16.25 mm respectively, onion extracts did not effect on bacterial growth. The chemicals composition of garlic and onion extracts was identified by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS), which were diallyl disulfide, diallyl trisulfide in garlic extracts and onion extracts was methyl propyl disulfide, dimethyl trisulfide in onion extracts.

Keywords: chemical composition, disc diffusion method, varied temperature, water extracts

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สดและแห้งที่สกัดด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 30, 45 และ 60°C นาน 3 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สดและแห้ง สกัดที่อุณหภูมิ 60°C ให้ %yield สูงสุด เท่ากับ 45.26%, 43.72% และ 48.43%, 44.57% ตามลำดับ จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* sp.) ด้วยวิธี disc diffusion พบว่าสารสกัดกระเทียมแห้งสกัดที่อุณหภูมิ 45°C สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดได้ดีที่สุด เท่ากับ 19.75, 30.63 และ 16.25 มิลลิเมตร ตามลำดับแต่สารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งไม่สามารถยับยั้งเชื้อทั้ง 3 ชนิดได้ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ โดย gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) พบสารสำคัญในกระเทียม ได้แก่ diallyl disulfide, diallyl trisulfide และหอมหัวใหญ่พบสาร methyl propyl disulfide, dimethyl trisulfide

คำสำคัญ: องค์ประกอบทางเคมี การทดสอบ disc diffusion แปรอุณหภูมิ สารสกัดด้วยน้ำ

คำนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่มักมีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียทั้งในระหว่างการเก็บรักษาและการรอจำหน่าย เนื่องจากเป็นแหล่งรวมของสารอาหารที่สำคัญต่างๆ และสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Sigrid และคณะ, 2004; Bakri, 2005) โดยเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่ม normal flora เช่น *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Salmonella enteritidis* และ *Clostridium perfringens* เป็นต้น ซึ่งเชื้อที่กล่าวมาก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ทำให้มีการใช้สารเคมีสังเคราะห์มายับยั้งเชื้อแบคทีเรีย แต่เมื่อร่างกายได้รับสารเคมีเหล่านั้นติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ร่างกายจะมีการสะสมสารเคมี จนก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้และโรคมะเร็งได้ (Singh และคณะ, 2008) สารเคมีดังกล่าวได้แก่ benzoic acid, potassium sorbate, sulfur dioxide และ sodium nitrite (Threlfall และคณะ, 2000) จึงมีแนวคิดนำสารสกัดจากธรรมชาติมาทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ ซึ่งพบได้ทั่วไปในพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ โดยฉพาะพืชที่เป็นที่รู้จักและนิยมบริโภคมาก คือ กระเทียมและหอมหัวใหญ่ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเชื้อแบคทีเรียก่อโรคได้ เนื่องจากมีสารสำคัญจำพวก sulfur และสาร phenolic ได้แก่ สาร diallyl sulfide, diallyl disulfile, thiosulphonates และ ajoene เป็นต้น (Virginia, 2006, Marta และคณะ, 2007) ซึ่งในปี 2001 Ankri และ Mirelman รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากกระเทียม สามารถยับยั้งการเจริญของ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Soi Tientalay 25, Thakham, Bangkhuntien, Bangkok 10150

เชื้อ *S. aureus, E. coli* และ *Klebsiella pueumoniae* และในปี 2004 Benkeblia รายงานว่าสารสกัดจากกระเทียมและหอมหัวใหญ่ สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *Salmomella* sp. ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสกัดสารสกัดจากกระเทียมและหอมหัวใหญ่เพื่อนำมาเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทดแทนสารเคมีสังเคราะห์และเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สกัดตัวอย่างกระเทียมและหอมหัวใหญ่สดและแห้ง (อบที่อุณหภูมิ 50°C นาน 12 ชั่วโมง) ด้วยน้ำกลั่น แปรอุณหภูมิการสกัดเป็น 3 อุณหภูมิ (30, 45 และ 60°C นาน 3 ชั่วโมง) กรองเอากากออกด้วยผ้าไนลอนขนาด 80 mesh และนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator จนได้สารอยู่ในรูป concrete

ทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

ทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ ด้วยวิธี disc diffusion method (Gomez และคณะ, 2010) โดย spread เชื้อแบคทีเรีย (*E.coli, S.aureus* และ *Salmonella* sp. ที่เทียบกับสารละลาย Mcfarland เบอร์ 0.5 ที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร) ลง Muller Hinton Agar (MHA) ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นวาง paper disc (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร) หยดสารสกัดปริมาตร 30 ไมโครลิตร เปรียบเทียบกับสาร antibiotic (Kanamycin) จากนั้นนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ (Incubator) ที่ 37°C บ่มนาน 24 ชั่วโมง วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณที่ยับยั้ง (mm)

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ด้วยเครื่อง Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) นำตัวอย่างสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สกัดที่อุณหภูมิ 45°C ใส่ขวด vial ปริมาณ 1 มิลลิลิตร อุ่นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นให้ไฟเบอร์ดูดซับไอสารระเหยเป็นเวลา 15 นาที และนำเข้าเครื่อง GC ที่อุณหภูมิ injector 240 องศาเซลเซียส โดยใช้คอลัมน์ชนิด DB-WAX (ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 320 ไมโครเมตร หนา 0.5 ไมโครเมตร) มีแก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา ฉีดตัวอย่างแบบ splitless mode ที่อุณหภูมิ injector 240°C และตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นของ oven ที่ 55°C คงไว้นาน 2 นาที เพิ่ม อุณหภูมิ 10°C ต่อนาที จนถึงอุณหภูมิ 220°C คงค้างนาน 10 นาที วิเคราะห์องค์ประกอบและค่า reflextive index (RI) เทียบกับสารมาตรฐานอัลเคน (C_8–C_{20}) เทียบกับ Wiley library และ NIST library ที่ %Quality match มากกว่าร้อยละ 80

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 30, 45 และ 60ºC พบว่าสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ทั้งสดและแห้ง สกัดที่อุณหภูมิ 60°C ให้ %yield สูงสุด เท่ากับ 45.26%, 43.72% และ 48.43%, 44.57% ตามลำดับ (Table 1) เนื่องมาจากอุณหภูมิมีส่วนเกี่ยวข้องกับการสกัด โดยความร้อนทำให้ผนังภายในเซลล์อ่อนตัวจึงแตกตัวปล่อยสารต่างๆออกมา เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น ความร้อนทำให้น้ำมีความสามารถในการละลายสารในกระเทียมและหอมหัวใหญ่ออกมาได้มากขึ้น (Zakaria, 2003) จากนั้นนำมาทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด พบว่าสารสกัดกระเทียมทั้งตัวอย่างสดและแห้งสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก (*Staphylococcus aureus*) ได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ (*E.coli* และ *Salmonella* sp.) เนื่องมาจากโครงสร้างของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกในส่วนของผนังเซลล์มีชั้น peptidoglycan ส่วนแบคทีเรียแกรมลบมีชั้น outer membrane และตามด้วยชั้น peptidoglycan ซึ่งสารสำคัญในกระเทียมจะทำลายในส่วนของ peptidoglycan ที่ประกอบด้วย polymer ของน้ำตาล 2 ชนิด เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ peptide ซึ่งหมู่ sulfur จะเข้าไปทำลายโครงสร้างของ peptidoglycan ในส่วนของพันธะ peptide โดยพันธะ disulfide ของสารสกัดกระเทียมจะจับกับกรดอะมิโนทำให้เกิดแรงยึดระหว่างกัน โครงสร้างของ peptidoglycan จึงฉีกขาดออก จนเกิดช่องว่างที่ผนังเซลล์ของแบคทีเรีย มีผลให้ของเหลวที่อยู่ภายในเซลล์ของแบคทีเรียออกมา ทำให้เชื้อแบคทีเรียตาย (Ankri และ Mirelman, 2001; Lambert และคณะ, 2001) ดังนั้นสารสกัดกระเทียมสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้มากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ เมื่อนำสารสกัดกระเทียมทั้งตัวอย่างสดและแห้งอุณหภูมิต่างกัน (30, 45 และ 60ºC) พบว่าการสกัดกระเทียมทั้งตัวอย่างแห้งที่อุณหภูมิ 45°C มีค่าการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดได้มากที่สุด เท่ากับ 19.75, 30.63 และ 16.25 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนสารสกัดกระเทียมทั้งตัวอย่างสดและแห้งสกัดที่อุณหภูมิ 60°C สามารถยับยั้งเชื้อทั้ง 3 ชนิดได้น้อยที่สุด เนื่องมาจากสาร allicin เป็นสารที่ไม่เสถียร เมื่อสกัดที่อุณหภูมิสูงขึ้นอาจทำให้เสียสภาพได้ง่าย ดังนั้นจึงทำให้มีประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียลดลง (Zakaria, 2003) และตัวอย่างแห้งมีประสิทธิภาพดีกว่าตัวอย่างสด เนื่องจากตัวอย่างแห้งมีปริมาณน้ำใน

ตัวอย่างน้อยจึงใช้วัตถุดิบในปริมาณที่มากกว่าตัวอย่างสด ปริมาณสารสำคัญที่ได้จึงมีมากกว่า ส่วนสารสกัดหอมหัวใหญ่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดได้ อาจเนื่องมาจากวิธีการสกัดด้วยน้ำอาจเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสม จึงทำให้สารสำคัญที่มีประสิทธิภาพไม่สามารถถูกสกัดออกมาได้ ซึ่งอาจใช้ตัวทำละลายชนิดอื่น เช่น เอทานอล ปิโตเลียมอีเทอร์ เป็นต้น (Table 2)

เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าสกัดกระเทียมทั้งตัวอย่างสดและอบแห้งมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ allyl methyl disulfide, diallyl disulfide, allyl methyl trisulphide, diallyl trisulfide สำหรับสกัดหอมหัวใหญ่ทั้งตัวอย่างสดและอบแห้งมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ methyl propyl disulfide, methyl-tran-prophyl-disulfide, dimethyl trisulfide (Table 3)

สรุปผล

สารสกัดจากกระเทียมตัวอย่างแห้งสกัดที่อุณหภูมิ 45°C สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด (*E. coli, S. aureus* และ *Salmonella* sp.) ได้ดี ส่วนสารสกัดหอมหัวใหญ่ตัวอย่างสดและแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดได้ ซึ่งสารสกัดกระเทียมพบสารสำคัญ diallyl disulfide, diallyl trisulfide และสารสกัดหอมหัวใหญ่พบสารสำคัญ methyl propyl disulfide, dimethyl trisulfide

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (NRU) สานักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Ankri, S. and Mirelman, D., 2001, Antimicrobial Properties of Allicin from Garlic, Journal of Microbes and Infection, 2: 125-129.

Bakri, I.M. and Douglas, C.W.I., 2005, Inhibitory Effect of Garlic Extract on Oral Bacteria, Journal of Archives of Oral Biology, 50: 645-651.

Benkeblia, N., 2004, Antimicrobial Activity of Essential Oil Extracts of Various Onions (*Allium cepa*) and Garlic (*Allium sativum*), Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 37: 263–268.

Gomez, E.J., López, L.A., Lopez, C.M.E., Gomez, G.M.C. and Montero, P., 2010, Biodegradable Gelatin-chitosan Films Incorporated with Essential Oils as Antimicrobial Agents for Fish Preservation, International Journal of Food Microbiology, 27(7): 889-96.

Lambert, R.J.W., Skandamis, P.N., Coote, P. and Nychas, G.J.E., 2001, A Study of Minimum Inhibitory Concentration and Mode of Action of Oregano Essential Oil, Thymol and Caruacrol, Journal of applied microbiology, 91: 453-462.

Marta, C.M., Nieves, C. and Mar, V., 2007, Biological Properties of Onion and Garlic, Journal of Food science and technology, 18: 609-625.

Sigrid, M., Paulsen, P., Smulders, J.M.F. and Hilbert, F., 2004, Antimicrobial Resistance Profile of Five Major Food-borne Pathogens Isolated from Beef, Pork and Poultry., International Journal of Food microbiology, 97: 23-29.

Singh, G., Kapoor, I.P.S., Singh, P., Heluani, C.S.D. and Lampasona, M.P.D., 2008, Chemistry, Antioxidant and Antimicrobial Investigations on Essential Oil and Oleoresins of *Zingiber officiale*, Journal of Food and chemical toxicology, 46: 3295-3302.

Threlfall, E.J., Linda, R.W., Jennifer, A.F. and Geraldine, A.W., 2000, The Emergence and Spread of Antibiotic Resistance in Food-borne Bacteria, Journal of Food microbiology, 62: 1-5.

Virginia, L., 2006, The Analysis of Onion and Garlic, Journal of Chromatography, 1112: 3-22.

Zakaria, Y., 2003, Effect of Storage and Temperature of Aqueous Garlic Extract on the Growth of Certain Pathogenic Bacteria, Journal of Al Azhar University-Gaza, 6: 11-20.

Table 1 %yield of garlic and onion extracts

Sample	Extraction at 30ºC		Extraction at 45ºC		Extraction at 60ºC	
	Fresh	Dried	Fresh	Dried	Fresh	Dried
Garlic extracts	42.47	36.42	45.24	42.09	45.26	43.72
Onion extracts	45.89	39.58	47.21	43.64	48.43	44.57

Table 2 Antibacterial activity of garlic and onion extracts

Sample	Zone of inhibition (mm)		
	Escherichia coli	*Staphylococcus aureus*	*Salmonella* sp.
Extraction at 30ºC			
fresh garlic	15.33±0.14[d]	26.46±0.40[d]	14.88±0.33[d]
dried garlic	17.63±0.13[b]	29.79±0.31[b]	17.25±0.50[b]
fresh onion	0.00±0.00[g]	0.00±0.00[g]	0.00±0.00[g]
dried onion	0.00±0.00[g]	0.00±0.00[g]	0.00±0.00[g]
Extraction at 45ºC			
fresh garlic	17.29±0.19[c]	27.71±0.26[c]	16.25±0.50[c]
dried garlic	19.75±0.25[a]	30.63±0.45[a]	18.29±0.31[a]
fresh onion	0.00±0.00[g]	0.00±0.00[g]	0.00±0.00[g]
dried onion	0.00±0.00[g]	0.00±0.00[g]	0.00±0.00[g]
Extraction at 60ºC			
fresh garlic	9.46±0.31[f]	20.21±0.26[f]	10.21±0.44[f]
dried garlic	14.13±0.38[e]	24.42±0.25[e]	14.25±0.33[e]
fresh onion	0.00±0.00[g]	0.00±0.00[g]	0.00±0.00[g]
dried onion	0.00±0.00[g]	0.00±0.00[g]	0.00±0.00[g]
Positive control			
Kanamycin (antibiotic)	32.13±0.13	34.75±0.25	32.58±0.52
F-test	**	**	**
C.V.	2.27	1.88	3.82
LSD	0.30	0.42	0.49

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p \leq 0.01$)

Table 3 Chemical composition of garlic and onion extracts by GC-MS

Chemicals composition	RI	Peak area (x10^9)			
		Fresh garlic	Dried garlic	Fresh onion	Dried 0nion
methyl propyl disulfide	805.39	-	-	0.05	0.11
allyl methyl disulfide	829.72	-	0.36	-	-
methyl-tran-prophyl-disulfide	833.74	0.98	-	0.11	0.75
dimethyl trisulfide	881.28	0.34	-	0.83	1.75
diallyl disulfide	929.57	-	2.60	-	-
allyl methyl trisulphide	985.78	1.88	1.42	-	-
3-vinyl-1,2-dithiacyclohex-4-ene	1061.44	-	7.57	-	-
diallyl trisulfide	1084.26	4.46	-	-	-
3-vinyl-1,2-dithiacyclohex-5-ene	1113.08	-	3.65	-	-

สารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องสีงอก

Phenolic Compound, Anthocyanin and Antioxidant Activity of Germinated Colored Rice

พัชราภรณ์ รัตนธรรม[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Ratthanatham, P.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The objective of this study was to determine effects of germination process methods with the variation of germination time (0, 20, 24, 48 and 72 h) at 37°C. Results showed that nutrient contents of rices were increased. However, black waxy germinated rice soaked with water at 20 h had the highest anthocyanin content (20.67 mg/100g) and germinated black waxy rice had higher DPPH$^{\bullet}$ and ABTS$^{\bullet+}$ scavenging capacity (41.35% and 54.83%) than that germinated Homnil rice(40.14% and 49.56%) and Ricebery rice (35.47% and 40.92%), respectively.

Keywords: germination process, anthocyanin, antioxidant activity

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการงอกข้าวกล้อง 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียวดำ ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอรี่ โดยแปรระยะเวลาการงอกที่ 0, 20, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่า ข้าวที่ผ่านกระบวนการงอกมีปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าข้าวเหนียวดำที่ผ่านการแช่น้ำ งอกเป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบแอนโทไซยานินสูงสุด (20.67 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) อีกทั้งข้าวเหนียวดำมีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH$^{\bullet}$) และ 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS$^{\bullet+}$) เท่ากับ 41.35 และ 54.83 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าข้าวหอมนิล มีค่าการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 40.14 และ 49.56 ตามลำดับ และข้าวไรซ์เบอรี่ที่ร้อยละ 35.47 และ 40.92 ตามลำดับ

คำสำคัญ: กระบวนการงอก แอนโทไซยานิน ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่มีสีแดงถึงสีน้ำเงินพบได้ในผักผลไม้ และดอกไม้หลายชนิด เช่น กระเจี๊ยบแดง องุ่นแดง สตรอเบอรี่ ดอกอัญชัน เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถพบสารแอนโทไซยานินได้ในข้าวที่มีสี เช่น ข้าวหอมนิล ข้าวไรซ์เบอรี่ และข้าวเหนียวดำ โดยพบได้ที่บริเวณเยื่อหุ้มผิวชั้นนอกและชั้นในของเมล็ดซึ่งเป็นสารสำคัญที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากสารแอนโทไซยานินเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งเป็นสารประกอบไกลโคไซด์หรือเอซิลไกลโคไซด์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก (Lee และคณะ, 2007; Shen และคณะ, 2009) ทั้งนี้มีรายงานวิจัยพบว่า สารแอนโทไซยานินเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย มีสรรพคุณทางยา และมีสมบัติต้านสารอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยการหมุนเวียนของกระแสโลหิต ป้องกันการเกิดมะเร็ง โรงเบาหวาน โรคหลอดเลือด และโรคหัวใจ เป็นต้น (Bellido คณะ, 2009; Hiemori และคณะ, 2009; Sompong และคณะ, 2011) ข้าวที่มีสี เช่น ข้าวหอมนิล ข้าวมันปู ข้าวไรซ์เบอรี่ และข้าวเหนียวดำ ที่มีสารแอนโทไซยานินมีคุณประโยชน์ต่อร่างกายมากกว่าข้าวขาว มีรายงานวิจัยกล่าวว่า กระบวนการงอก สามารถเพิ่มปริมาณสารสำคัญต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ปริมาณโปรตีน แกมมา-อะมิโนบิวทิริคแอซิด (γ-amino butyric acid; GABA) และแกมมา-ออไรซานอล (γ-oryzanol) ในข้าวกล้องงอก เป็นต้น แต่ยังไม่มีรายงานวิจัยที่ระบุถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกซึ่งมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้องพันธุ์ต่างๆ โดยเฉพาะข้าวกล้องสีที่ผ่านกระบวนการงอก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ของข้าวสีที่ผ่านกระบวนการงอก

---

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้ามเขตบางขุนเทียนกรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Teintalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ: ข้าวกล้องไรซ์เบอรี่ ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องเหนียวดำ ทำความสะอาด นำมาผ่านกระบวนการงอก โดย แช่น้ำ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37°C โดยแปรระยะเวลางอก 0, 20,24,48 และ 72 ชั่วโมง อบที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้มีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 8-9% บดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรง นำไปเก็บใน desiccator ที่อุณหภูมิห้อง วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าว 3 พันธุ์ หลังผ่านกระบวนการงอกเปรียบเทียบกับข้าวทั้ง 3 พันธุ์ก่อนการงอก (control)

วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก สกัดตัวอย่าง 3 กรัมด้วย 80% เอทานอล 30 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารตัวอย่าง 50 ไมโครลิตรเติมน้ำกลั่นปริมาตร 950 ไมโครลิตร เติม 10%Folin-Ciocalteu phenol reagent และ 7.5% Na_2CO_3 ผสมให้เข้ากัน ทิ้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสารฟีนอลิกเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค (ดัดแปลงตามวิธีของ Iqbal และคณะ, 2005)

วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(2,2 diphenyl-1-picryhydrazyl scavenging activity) DPPH$^{\bullet}$ โดยผสมสารสกัดตัวอย่างความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/ลิตรปริมาตร 1 มิลลิลิตรกับสารละลาย DPPH$^{\bullet}$ความเข้มข้น 0.1 mM ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer (Shimadzu UV-2401PC) โดยใช้Troloxเป็นสารมาตรฐาน (ดัดแปลงตามวิธีของ Iqbal และคณะ, 2005) คำนวณร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้สูตรดังนี้

$$\% \text{ Radical scavenging} = (\text{control} - A_{sample} / A_{blank}) \times 100$$

วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (2,2-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonicacid scavenging activity) ABTS$^{\bullet}$ โดยผสมสารสกัดตัวอย่างความเข้มข้น 40 ไมโครกรัม/ลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร กับสารละลาย ABTS$^{\bullet}$ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 6 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (ShimadzuUV-2401PC) โดยใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐาน (ดัดแปลงตามวิธีของ Iqbal และคณะ, 2005) คำนวณร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้สูตรดังนี้

$$\% \text{ Radical scavenging} = (\text{control} - A_{sample} / A_{blank}) \times 100$$

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ด้วยวิธี pH differential (ดัดแปลงตามวิธีของ Wrolstad และคณะ, 2005) โดยผสมสารสกัดตัวอย่างในหลอดทดลองที่ 1 ปริมาณ 20 ไมโครลิตรเติมบัฟเฟอร์ KCl pH 1.0 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร และผสมสารสกัดตัวอย่างในหลอดทดลองที่ 2 ปริมาณ 20 ไมโครลิตรเติมบัฟเฟอร์ CHOONa pH 4.5 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร จากนั้นนำหลอดทดลองทั้ง 2 หลอด ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 และ 700 นาโนเมตรตามลำดับ คำนวณปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดจากสมการดังต่อไปนี้

ปริมาณแอนโทไซยานิน(มิลลิกรัม/ลิตร) =(A × MW ×DF ×103)/ (e ×L)

โดยที่ $A = (A_{510}\ nm - A_{700} nm)pH_{1.0} - (A_{510}\ nm - A_{700} nm)pH_{4.5}$

MW = 449.2 g/mol(น้ำหนักโมเลกุลของ Cyanidin-3-glucoside)

e = 26,900 L/mol/cm (โมลาร์แอฟซอฟติวิตี้)

L = 1 cm (ความกว้างของ cuvette)

DF = Dilution factor ของสารละลายตัวอย่าง

10^3= factor for conversion from g to mg

รายงานผลในรูปของมิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ในตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (mg cyanidin-3-glucoside/100 g dry weight basis)

วางแผนการทดลองแบบ 3×5 Factorial in Randomized Completely Block Design(RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้าวกล้องไรซ์เบอรี่ ข้าวกล้องหอมนิลและข้าวกล้องเหนียวดำที่ผ่านกระบวนการงอกนาน 0-72 ชั่วโมง พบว่า ชนิดข้าวและระยะเวลาในการงอกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารแอนโทไซยานิน และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวกล้องไรซ์เบอรี่ที่ผ่านกระบวนการงอกนาน 48 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นสูงกว่าข้าว

กล้องหอมนิล และข้าวกล้องเหนียวดำ 2.5 เท่า และ 1.5 เท่า ตามลำดับที่ระยะเวลาการงอกเท่ากัน (Figure 1) ทั้งนี้เกิดจากกระบวนการงอกทำให้สารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นเอนไซม์กลูโคซิเดสที่ถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ด ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งในการสร้างสารประกอบฟีนอลิก (Abdel และคณะ, 2006; Coda และคณะ, 2010) ส่วนปริมาณสารแอนโทไซยานินของข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระยะเวลาการงอก เพิ่มขึ้น เนื่องจาก โครงสร้างของสารแอนโทไซยานินจัดเป็นสารประกอบไซยานิดิน 3 กลูโคไซด์ (cyaniding 3-glucoside) (C3G) และ พีโอนิดิน 3 กลูโคไซด์ (peonidin 3-glucoside) (P3G) ที่สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น น้ำ เมทานอล และอะซิโตน เป็นต้น (Oki และคณะ, 2002; Finocchiaro และคณะ, 2010) ระหว่างกระบวนการงอกจึงเกิดการสูญเสียปริมาณสารแอนโทไซยานินมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการงอกเพิ่มขึ้นในข้าวกล้องงอกทั้ง 3 พันธุ์ โดยพบว่าปริมาณสารแอนโทไซยานินลดลงมากกว่าร้อยละ 50 เมื่อผ่านกระบวนการงอกนาน 72 ชั่วโมง (Figure 2) อย่างไรก็ตามสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH$^{\bullet}$ scavenging activity และ ABTS$^{\bullet}$ scavenging activity ของข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวหอมนิล และข้าวเหนียวดำ ที่ผ่านกระบวนการงอกมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้น และสารแอนโทไซยานินที่ยังคงมีอยู่ (Figure 3 และ 4)

สรุปผล

ข้าวกล้องไรซ์เบอรี่ ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องเหนียวดำ ที่ผ่านกระบวนการงอกนาน 48 ชั่วโมง มีปริมาณสารฟีนอลิกเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวกล้องไรซ์เบอรี่ ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องเหนียวดำที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก ส่วนปริมาณแอนโทไซยานินของข้าวกล้องไรซ์เบอรี่งอก ข้าวกล้องหอมนิลงอก และข้าวกล้องเหนียวดำงอกมีค่าลดลง เมื่อเวลาการงอกเพิ่มขึ้น แต่ยังคงมีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Abdel-Aal, S.M., Young, J.C. and Rabalski, I., 2006, Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 4696-4704.

Bellido, G.G. and Beta, T., 2009, Anthocyanin Composition and Oxygen Radical Scavenging Capacity (ORAC) of Milled and Pearled Purple, Black, and Common Barley, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 22-28.

Coda, R., Rizzello, C.G. and Gobbetti, M., 2010, Use of Sourdough Fermentation and Psedo and Cereals Leguminous Flours for the Making of a Functional Bread Enriched of γ–Aminobutyric Acid (GABA), Food Microbiology, 137: 236-245.

Finocchiaro, F., Ferrari, B. and Gianinetti, A., 2010, A Study of Biodiversity of Flavonoid Content in the Rice Caryopsis Evidencing Simultaneous Accumulation of Anthocyanins and Proanthocyanidins in a Black-grained Genotype, Cereal Science, 51: 28–34.

Hiemori, M., Koh, E. and Mitchell, A.E., 2009, Influence of Cooking on Anthocyanins in Black Rice (*Oryzasativa* L. *japonica* var. SBR), Journalof Agricultural and Food Chemistry, 57: 1908-1914.

Iqbal, S., Bhanger, M.I. and Anwar, F., 2005, Antioxidant Properties and Components of Some Commercially Available Varieties of Rice Bran in Pakistan, Food Chemistry, 93(2): 265-272.

Lee, Y.R., Woo, K.S., Kim, K.J., Son, J.R., Jeong, H.S., 2007, Antioxidant Activities of Ethanol Extracts from Germinated Specialty Rough Rice, Food Science and Biotechnology, 16: 765–770.

Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y. and Bao, Y., 2009, Total Phenolics, Flavonoids, Antioxidant Capacity in Rice Grain and Their Relations to Grain Color, Size and Weight, Cereal Science, 49: 106–111.

Oki, T., Masuda, M., Kobayash, M., Nishiba, Y., Furuta, S., Suda, I. and Sato, T., 2002, Polymeric Procyanidins as Radical-scavenging Components in Red-hulled Rice, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 7524-7529.

Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G. and Berghofer, G.E., 2011, Physicochemical and Antioxidative Properties of Red and Black Rice Varieties from Thailand, China and Sri Lanka, Food Chemistry, 124: 132-140.

Wrolstad, R., Durst, R. and Lee, J., 2005, Tracking Color and Pigment Changes in Anthocyanin Products Trends in Food, Science and Technology, 16: 423–428.

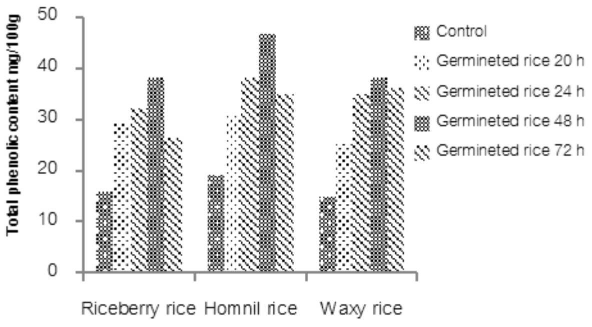


Figure 1 Total phenolic content in germinated colored brown rice

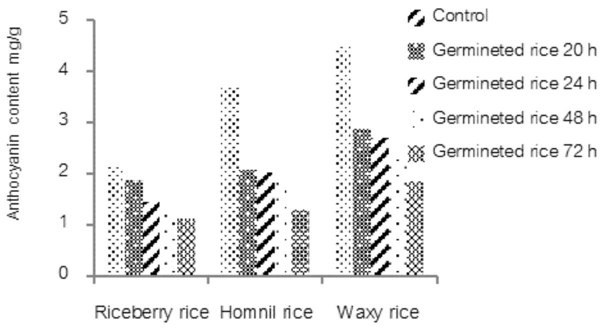


Figure 2 Anthocyanin content in germinated colored brown rice

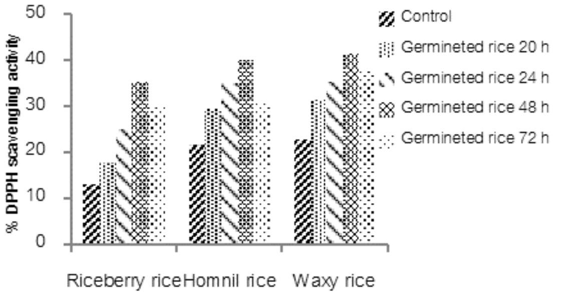


Figure 3 %DPPH scavenging activity in germinated colored brown rice

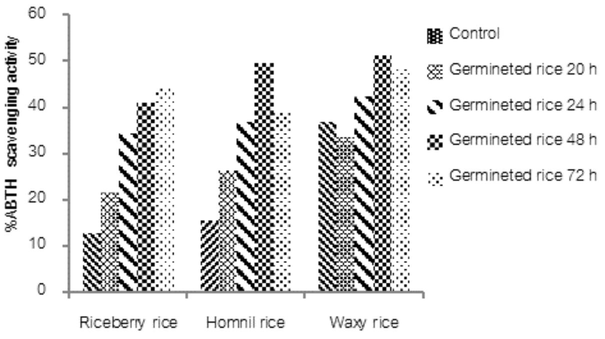


Figure 4 %ABTS scavenging activity in germinated colored brown rice

การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน และพิวรีนเบสในข้าวกล้องสีงอก

Changes in Protein and Purine Base Contents of Germinated Colored Brown Rice

พัชราภรณ์ รัตนธรรม[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Ratthanatham, P.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The objective of this research was to determine protein and purine base contents (adenine, guanine, xanthine and hypoxanthine) of two rice varieties; riceberry and black waxy rice. Rice seeds were germinated under temperature at 37˚C for 24, 48, 72, 96 and 120 h. Results showed that two rice varieties germinated for 96 h had the highest protein content at 13.95% and13.29%, respectively. Although adenine, guanine, xanthine content of rice germinated for 96 h were decreased to 0.17, 0.12 และ 0.19 mg/100 g, respectively, hypoxanthine was not detected in germinated brown rice and germinated waxy brown rice analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC).

Keywords: purine base, adenine, guanine, xanthine, hypoxanthine

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน และพิวรีนเบส ได้แก่ อะดินีน (adenine) กวานีน (guanine) แซนทีน (xanthine) และไฮโปแซนทีน (hypoxanthine) ในข้าว 2 พันธุ์ คือ ข้าวไรซ์เบอรี่ และข้าวเหนียวดำ ที่ระยะเวลาการงอก 24, 48, 72, 96 และ120 ชั่วโมง พบว่า การงอกข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวเหนียวดำ เมื่อเวลาการงอกนานขึ้นทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลา 72 และ 96 ชั่วโมงตามลำดับ เท่ากับร้อยละ 13.95 และ 13.29 แต่ส่งผลให้ปริมาณของพิวรีนเบสลดลง ถึงแม้ว่าระยะเวลาการงอกที่ 96 ชั่วโมง มีปริมาณพิวรีนเบส ได้แก่ อะดินีน (adenine) กวานีน (guanine) และแซนทีน (xanthine) ลดลงมากที่สุดเท่ากับ 0.17, 0.12 และ 0.19 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และไม่พบไฮโปแซนทีน (hypoxanthine)ในข้าวกล้องทั้ง 2 พันธุ์ เมื่อวิเคราะห์ด้วย เทคนิค High performance liquid chromatography (HPLC)

คำสำคัญ: พิวรีนเบส อะดินีน กวานีน แซนทีน ไฮโปแซนทีน

คำนำ

ข้าวกล้อง (brown rice) เป็นธัญพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วย โปรตีน กากใยหยาบ วิตามิน และแร่ธาตุ เป็นต้น อีกทั้งยังพบสารประกอบฟีนอลิกต่างๆ ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง แต่พบได้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น มีรายงานวิจัยระบุว่า กระบวนการงอกข้าว (germination) สามารถเพิ่มปริมาณสารสำคัญต่างๆ ได้ เช่น สารประกอบโปรตีน แกมมา-ออไรซานอล (γ-oryzanol) กรดเฟอรูริก (feruric acid) และ แกมมา-อะมิโนบิวทิริค แอซิด (γ-amino butyric acid; GABA) ในข้าวกล้องงอก (Komatsuzaki และคณะ, 2007; Watcharaparpaiboon และคณะ, 2010) เป็นต้น นอกจากนี้ กระบวนการงอกข้าวกล้องยังสามารถเพิ่มปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นต่างๆ ที่ร่างกายต้องการ เช่น ฮีสทิดีน (histidine) ไอโซลูซีน (isoleucine) ลูซีน (leucine) ไลซีน (lysine) เมทไธโอนีน (methionine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) และวาลีน (valine) รวมทั้งมีกรดอะมิโนไม่จำเป็น ได้แก่ ไกลซีน (glycine) กรดกลูตามิก (glutamic acid) และกรดแอสปาร์ติก (aspartic acid) เป็นต้น (Moongngarm และคณะ, 2010) แต่ในระหว่างกระบวนการงอกกรดอะมิโนที่เพิ่มสูงขึ้น ได้แก่ ไกลซีน กรดกลูตามิก และกรดแอสปาร์ติก เป็นสารตั้งต้นในการสร้างและถูกเปลี่ยนแปลงเป็นสารพิวรีนเบส 2 ชนิด ได้แก่ อะดินีน (adenine) และ กวานีน (guanine) ซึ่งอะดินีน และกวานีน อาจถูกเปลี่ยนไปเป็นอินโนซีน (inosine) กวาโนซีน (guanosine) แซนทีน (xanthine) และไฮโปแซนทีน (hypoxanthine) ด้วยปฏิกิริยา hydrolytic deamination โดยเอนไซม์นิวคลีเอส (nuclease) เมื่อบริโภคพืช หรืออาหารที่มีสารเหล่านี้ (Yamakita และคณะ, 1998; Zubay และคณะ, 1999) นอกจากนี้กวาโนซีน แซนทีน และไฮโปแซนทีน ยังเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดยูริค และอาจเกิดการสะสม (Abrams และ Goldinger, 1950; Choi, และคณะ, 2004) มีงานวิจัยที่ระบุว่า ธัญพืช ได้แก่

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49Teintalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

ถั่วเหลือง และถั่วเขียว ที่งอกยาว 2-5 เซนติเมตร มีปริมาณพิวรีนเบส เท่ากับ 6.5-7.8 mg/100g ซึ่งจัดเป็นอาหารที่มีพิวรีนสูง เช่นเดียวกับยอดอ่อนของผักชนิดต่างๆ ผักโขม (spinach) เห็ด oatmeal ยอดคะน้า และกะหล่ำดอก มีปริมาณพิวรีนเบส เท่ากับ 5-100 mg/100g (Garrel, และคณะ, 1991; Kaneko, และคณะ, 2008) โดยถูกจัดเป็นอาหารที่ควรหลีกเลี่ยงสำหรับผู้บริโภคที่เป็นโรคเกาต์ อย่างไรก็ตาม ปริมาณพิวรีนเบสได้แก่ อะดินีน กวานีน แซนทีน และไฮโปแซนทีน ที่เกิดจากกระบวนการงอกข้าวยังไม่มีรายงานการศึกษา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษากระบวนการงอกข้าวที่ระยะเวลาต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน และ พิวรีนเบส (อะดินีน กวานีน แซนทีน และไฮโปแซนทีน)

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างข้าว นำข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวเหนียวดำ ที่ผ่านกระบวนการแช่น้ำ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และงอกที่ระยะเวลานาน 24, 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด และร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh บรรจุใส่ถุงซิปล็อคและเก็บใน desiccator วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธี Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณพิวรีนเบส ด้วยการสกัดพิวรีนเบสในตัวอย่างข้าว ชั่งตัวอย่างข้าว 100 มิลลิกรัม เติมสารละลายผสมระหว่าง ไตรฟลูออโรอะซิติกแอซิด (trifluoroacetic acid) กรดฟอร์มิค (formic acid) และน้ำ (อัตราส่วน 1:5:5) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปสกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 55 นาที (ดัดแปลงจาก Choi และคณะ 2004) เมื่อครบเวลา นำมากรองผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์ 4 และนำไประเหยแห้งด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความดัน 300 mbar นำสารสกัดได้มาเติมสารละลายฟอตเฟตบับเฟอร์ 0.02 M KH_2PO_4 (pH 3.2) 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวิเคราะห์ชนิด และปริมาณพิวรีนเบส (purine base) ได้แก่ อะดินีน กวานีน แซนทีน และไฮโปแซนทีน ด้วยเครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC) และใช้ column Eclipse XDB เฟสเคลื่อนที่ (mobile Phase) 0.02 M KH_2PO_4 (pH3.2) ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 0.5 ml/min ใช้ detector ชนิด Diode array detector ที่ความยาวคลื่น 260 nm ฉีดตัวอย่างปริมาตร 20 ไมโครลิตร (ดัดแปลงจาก Lou และคณะ (2005)) คำนวณปริมาณเปรียบเทียบกับสาร พิวรีนมาตรฐาน

วางแผนการทดลองแบบ 2×5 Factorial in Randomized Completely Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวเหนียวดำหลังผ่านกระบวนการงอก ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่า ข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวเหนียวดำมีปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 14 ที่เวลาการงอกนาน 72 ชั่วโมง ไม่แตกต่างจากข้าวเหนียวดำมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 13.5 ที่เวลาการงอกนาน 96 ชั่วโมง ตามลำดับ (Figure 1) โดยปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นจากกระบวนการงอก เกิดจากการแช่ข้าวในน้ำ ส่งผลให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวถูกกระตุ้นให้เร่งปฏิกิริยาการสร้างโปรตีนแบบอาศัยพลังงานในเซลล์ (Kaushik และคณะ, 2008) เมื่อศึกษาปริมาณพิวรีนเบส ได้แก่ อะดินีน กวานีน แซนทีน และไฮโปแซนทีน ในข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวเหนียวดำ ที่ผ่านกระบวนการงอก ด้วยเทคนิค HPLC พบว่า ปริมาณพิวรีนเบสในข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวเหนียวดำที่ผ่านกระบวนการงอกในช่วงเวลาต่างๆ มีปริมาณลดลงเมื่อระยะเวลาการงอกนานขึ้น โดยพบว่าระยะเวลาการงอกนาน 120 ชั่วโมง ปริมาณพิวรีนเบสมีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 0.176 mg/100g และ 0.324 mg/100g (ลดลง 1.2 และ1.4 เท่าจากเริ่มต้น) ซึ่งการลดลงของปริมาณพิวรีนเบส สัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องงอกทั้ง 2 พันธุ์ที่มีค่าลดลง ถึงแม้ว่าข้าวไรซ์เบอรี่ และข้าวเหนียวดำที่ผ่านกระบวนการงอกนาน 72 และ 96 ชั่วโมง ปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวกล้องงอกที่ 120 ชั่วโมง แต่ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ที่งอกนาน 120 ชั่วโมง มีปริมาณพิวรีนเบสลดลงมากกว่าที่ระยะเวลาการงอก 72 และ 96 ชั่วโมง ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้กระบวนการงอกสามารถลดปริมาณพิวรีนเบสในข้าวไรซ์เบอรี่ได้สูงกว่าข้าวเหนียวดำ การลดลงของปริมาณพิวรีนเบสอาจเกิดจากการสลายตัวด้วยความร้อนระหว่างกระบวนการอบแห้ง และความเป็นกรด-เบสที่เพิ่มสูงขึ้นระหว่างกระบวนการงอก (ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของน้ำที่ใช้ในกระบวนการงอกเท่ากับ 6.7) (Lou และคณะ, 2005) ทำให้เกิดการแตกของพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างพิวรีนเบส (Wang และคณะ, 2009) อย่างไรก็ตามไม่พบไฮโปแซนทีนในข้าวกล้องงอกทั้ง 2 พันธุ์ เนื่องจากไม่พบ ไฮโปแซนทีนในข้าวกล้องเริ่มต้น และในระหว่างการงอกทั้ง อะดินีน และ กวานีนมีปริมาณลดลงอาจทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นไฮโปแซนทีน

สรุปผล

กระบวนการงอกข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวเหนียวดำ ทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเวลาในการงอกนานขึ้น ทำให้ปริมาณอะดินีน กวานีน และแซนทีนลดลง และไม่พบไฮโปแซนทีน จึงกล่าวได้ว่าการบริโภคข้าวกล้องงอกอาจไม่มีความเสี่ยงต่อผู้บริโภคที่เป็นโรคเกาต์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., USA: AOAC.

Abrams, R. and Goldinger, J.M., 1950, Formation of Nucleic Acid Purines from Hypoxanthine and Formate in Bone Marrow Slices, Archives of Biochemistry and Biophysic, 35(2): 243–248.

Choi, HK. Atkinson, K., Karlson, E.W., Willett, W. and Curhan, G., 2004, Purine-rich Foods, Dairy and Protein Intake, and the Risk of Gout in Men, New England Journal of Medicine, 350(11): 1093-103.

Garrel, D.R., Verdy, M., PetitClerc, C., Martin, C., Brule, D. and Hamet, P., 1991, Milk- and Soy-protein Ingestion: Acute Effect on Serum Uric Acid Concentration, American Journal of Clinical Nutrition, 53: 665–669.

Kaneko, K., Kudo, Y., Yamanobe, T., Mawatari, K., Yasuda, M., Nakagomi, K. and Fujimori, S., 2008, Purine Contents of Soybean-derived Foods and Selected Japanese Vegetables and Mushrooms, Nucleosides, Nucleotides and Nucleic Acids, 27: 2-7.

Kaushik, S., Wang, J.J., Flood, V., Tan, J., Barclay, A. and Wong, T., 2008, Dietary Glycemic Index and the Risk of Age-related Macular Degeneration, American Journal of Clinical Nutrition, 88: 1104–1111.

Komatsuzaki, K., Kitamura, A. and Fujimori, S., 2007, Determination of Purine Bases Concentrations in Soybean-Derived Food and in Some Japanese Food, Journal Gout and Nucleic Acid Metabolism, 30: 7-12.

Lou, S.N., Chen, H.H., Hsu, P.Y. and Chang, D.H., 2005, Changes in Purine Content of Tilapia Surimi Products during Processing, Fish Science, 71(4): 889-895.

Moongngarm, A. and Saetung, N., 2010, Comparison of Chemical Compositions and Bioactive Compounds of Germinated, Rough Rice and Brown Rice, Food Chemistry, 122: 782-788.

Wang, H. and Fu, D., 2009, Determination Methods of Purine Compounds in Beer and Chemical, Agricultural, Food Chemistry, 54: 69-77.

Watchararparpaiboon, W., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O., 2010, An Improved Process for High Quality and Nutrition of Brown Rice Production, Food Science and Technology International, 16(2): 147-158.

Yamakita, J., Yamamoto, T., Moriwaki, Y., Takahashi, S., Tsutsumi, Z. and Higashino, K., 1998, Effect of Tofu (bean curd) Ingestion and on Uric Acid Metabolism in Healthy and Gouty Subjects, Advances in Experimental, 17-25.

Zubay, G. and Barclay, A., 1999, Synthesis of the First Nucleotides, Chemtracts: Biochemistry and molecular biology, 12: 423-433.

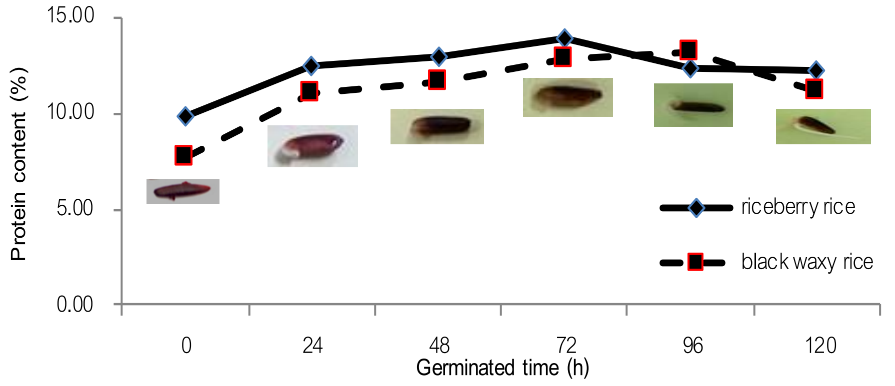
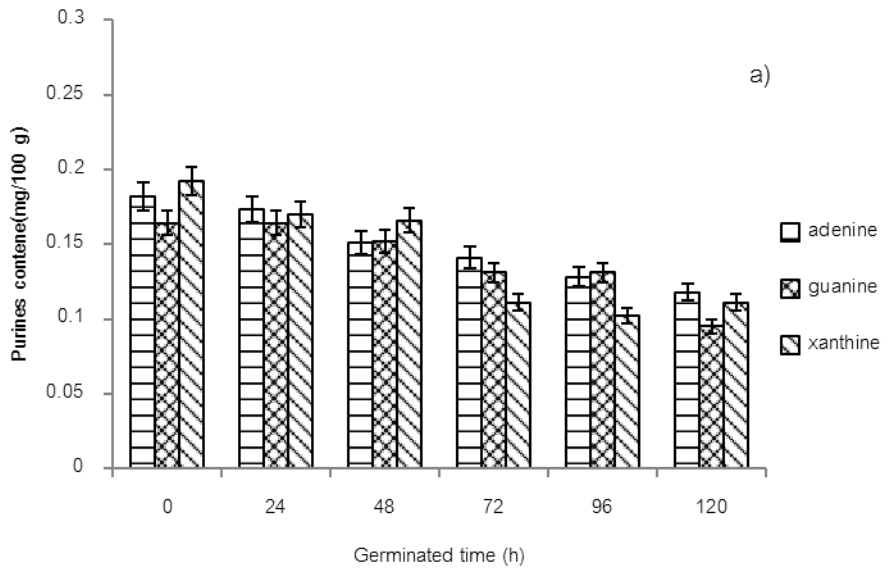


Figure 1 Protein contents in riceberry rice and black waxy rice at different germinated time



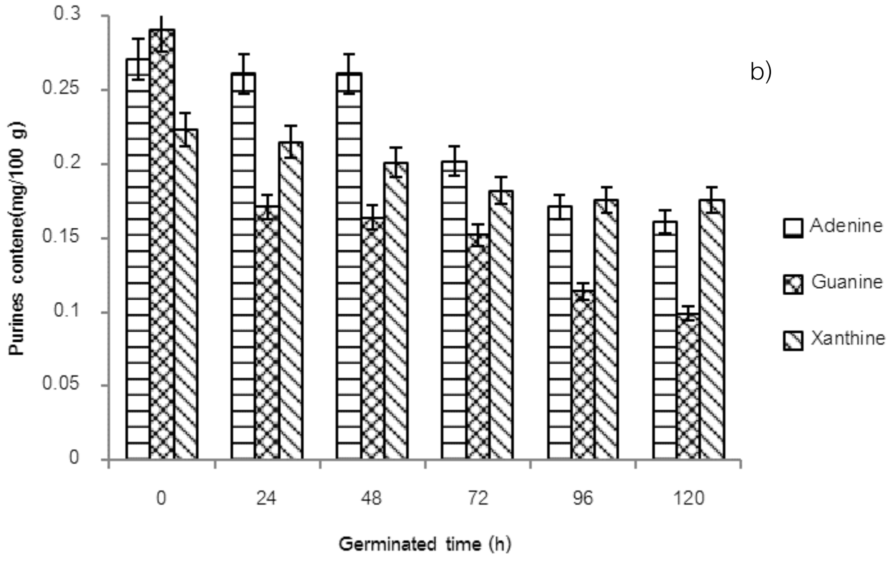


Figure 2 Purine contents in riceberry rice (a) and black waxy rice (b) at different germinated time

คุณสมบัติการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสจากข้าวโพดสำหรับผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2
The Inhibition of α-glucosidase for Type 2 Diabetes from Maize (*Zea mays*)

ภัสจนันท์ หิรัญ[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ สุชาดา สุขหร่อง[2]
Hiran, P.[1], Kerdchoechuen, O.[1], Laohakunjit, N.[1] and Sukrong, S.[2]

Abstract

Inhibitors of alpha glucosidase play a vital role in the clinical management of postprandial hyperglycemia. Although, powerful synthetic inhibitors are available, natural inhibitors are potentially safer. Phenolic compounds from the germinated maize were extracted with acidified ethanol and anti-oxidant activities were tested as total phenolic, DPPH and $ABTS^{+}$. It was found that germination enhanced the total phenolic content as well as antioxidant activity of the maize extract. The alpha glucosidase inhibitory activities of the germinated maize were increased from 63% percentage inhibition of non-germination maize to 72% percentage inhibition, after germination, germinated maize was fermented with useful microorganism for three days. The increasing phenolics showed strong inhibition towards alpha-glucosidase revealed a competitive type of inhibition and indicated that the therapeutic potentiality of maize phenolics in the management of postprandial hyperglycemia.
Keywords: α-glucosidase inhibitors, maize, germination, fermentation

บทคัดย่อ

การยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสมีบทบาทสำคัญในการลดอัตราการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือดหลังการรับประทานอาหาร ซึ่งสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสที่ได้จากธรรมชาตินั้นมีความปลอดภัยและไม่มีอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ สารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส ในธรรมชาติมักอยู่ในรูปของสารประกอบฟีนอลิค ข้าวโพดงอกที่สกัดด้วยเอทานอลที่นำไปทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นมากกว่าข้าวโพดที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก สำหรับการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส พบว่ามีค่าการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส ประมาณ 63% หลังจากผ่านกระบวนการงอก นำข้าวโพดไปหมักด้วยเชื้อ *Bifidobacterium longum* เป็นเวลา 3 วันนำมาทดสอบการต้านอนุมูลอิสระพบว่ามีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นกว่าข้าวโพดงอกและข้าวโพดที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก จากนั้นทดสอบการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส พบว่ามีค่าการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดส มีค่าประมาณ 72% ซึ่งสูงกว่าข้าวโพดงอกและข้าวโพดที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้คือการมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสซึ่งมีผลต่อการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือดหลังการรับประทานอาหาร
คำสำคัญ: สารยับยั้งกลูโคซิเดส ข้าวโพด กระบวนการงอก กระบวนการหมัก

Introduction

Non-insulin-dependent diabetes mellitus or Type 2 diabetes affects approximately 150 million people worldwide (Aian, 2998). Postprandial hyperglycaemia is a primary risk factor in the development of Type 2 diabetes. α-Glucosidase inhibitors that reduce postprandial hyperglycaemia have a key role in the treatment of Type 2 pre-diabetic states and also have the potential to reduce the progression of diabetes (Holmam, 1998). A recent study showed that risk for Type 2 diabetes mellitus was decreased with consumption of whole grains. Maize provides the human health benefits. Intake of essential phytochemicals in this cereal is significantly associated with reduced risk of cardiovascular disease, type II diabetes, and some cancers (Horton, 1995). However, phytochemicals and antioxidants in cereal grains have not received as much attention as those in

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technolhy, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Bangkhuntein, Ba ngkok 10150
[2] คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ 254 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
[2] Faculty of Pharmaceutical Sciences, Chulalongkorn University 254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok Thailand. 10330

vegetables though many phenolic compounds in fruits and vegetables like phenolic acids and flavonoids are also found in cereals (Murai *et al*., 2002). Obtaining phenols from cereal grains has attractive advantage. A number of methods have been increased qualities of cereals are germination and fermentation. Germination is achieved by soaking the whole kernel of cereal in water until its embryo begins to bud. During the process of germination, the chemical compositions of the cereal change drastically, because the biochemical activity produces essential compounds and energy, for the formation of the seedling, although, probably the best one is fermentation (Kyung and Moo, 2000). In general, natural fermentation of cereals leads to a decrease in the level of carbohydrates as well as some non-digestible poly and oligosaccharides (McCue *et al*., 2005). Fermentation also provides optimum pH conditions for enzymatic degradation of phytate which is present in cereals in the form of complexes with polivalent cations such as iron, zinc, calcium, magnesium and proteins (Fujita *et al*., 2003). Such a reduction in phytate may increase the amount of soluble iron, zinc and calcium several folds (Lee and Lee, 2001). In this work, thus aim to Improvement the percentage inhibition of α-glucosidase with increasing antioxidant activities of germinated maize by fermentation process.

Materials and Methods

Maize sample: Maize variety 'High Brix No. 3' was purchased from Marketing Organization for Farmers, Bangkok, Thailand. The preparation of germinated maize sample followed the methods studied by Watcharaarparpaiboon *et al*., 2010. Un-germinated maize seeds were cleaned by removing the dirt and then dried to a moisture level about 10%. The dried samples were kept in a refrigerator (11±1°C) prior used.

Microorganism: Three lactic acid bacteria; *Bifidobacterium longum,* was supplied by the Thailand Institute of Scientific and Technology Research (TISTR).

Germinated maize preparation: One kilogram of dried maize seeds was steeped in distilled water in water bath at 40°C for 12 h. After that, distilled water was drained at the end of soaking. The steeped maize was then incubated on nylon net and place in plastic box under room temperature. The germinated seeds were dried, milled and passed through a sieve of 0.8 mm. The germinated maize was stored in darkness under vacuum conditions in desiccators at 4°C (Hussey and wakeley, 1994)

Fermented preparation: Control maize (non-germinated) and germinated maize were fermented with three lactic acid bacteria and a proteolytic bacteria. Maize (200 g) was added 10 mL distillated water and sterilized in autoclave for 15 min. The sterile maize samples were inoculated with *Bifidobacterium longum* (10 mL of inoculum). Sample of either non- or germinated maize were allowed to ferment at 37°C for 0 (control), 12, 24, 48 and 72 h. After fermentation process, samples were dried with hot air oven at 55 °C, milled and passed through a sieve of 0.8 mm. All samples were stored in desiccators at 4°C prior analysis.

Determination of proximate composition: The moisture content of samples was determined, by moisture analyzer (A&D MX-50, Diethelm Limited, Japan) at 105°C, to a constant weight. Crude protein, crude fat, crude fiber and ash were determined, using the standard methods of Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1990). The crude protein content was calculated from nitrogen content, using the Kjeldahl method (K-437 Buchi, Germany). Crude fat was measured, by extracting the ground maize samples with petroleum ether, using the Soxhlet apparatus (Buchi, Switzerland). The crude fiber was determined by extraction with hot acid and base, using a crude fiber extractor (CG-842 Gerhardt, Italy). The ash content was investigated by ashing the sample at 600°C, in a muffle furnace (F6016 Furnace 6000, Burnstead/Thermolyne, USA). Available carbohydrate (nitrogen-free extract) was obtained, by difference and all determinations were undertaken in triplicate and expressed as a percent of dried matter (DM) basis.

Measurement of Total Phenolic Content: Total phenolic content was determined according to the Folin–Ciocalteau method. A sample of 50 µL was added to 0.95 mL distillated water, mixed and added to 5 mL (10%) Folin–Ciocalteau reagent. After incubation for 5 min, 4 mL of (7.5%) sodium carbonate were added. Samples were incubated for 90 min

in the dark at room temperature and measured absorbance at 750 nm. A standard curve was prepared with gallic acid (10–60 mg/mL) and results were expressed as gallic acid equivalents/ 100 g dried sample.

Determination of DPPH radical-scavenging activity (1,1-diphenyl- 2-picrylhydrazyl): One milliliter of each maize hydrolysate solution (100 µL of sample + 900 µL of distilled water) was added to 2 mL of 0.1 mM DPPH dissolved in 95% ethanol. The mixture was shaken and left for 30 min in the dark at room temperature, and measured the absorbance at 517 nm. The scavenging effect was expressed as percentage disappearance of DPPH.

Determination of ABTS radical-scavenging activity (2,2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic): The scavenging activity of $ABTS^{\bullet +}$ was measured of dye decolorization. The ABTS reagent was prepared by mixing 5 mL of 7 mM ABTS with 7 mM $K_2S_2O_8$ (ratio 2:1). After mixture was incubated in the dark at room temperature for 16 h to complete the radical generation, it was diluted with 95% ethanol to give an absorbance at 734 nm of 0.700 ± 0.030 before using. ABTS reagent (1 mL) was mixed with 10 µL of sample and stored for 6 min in the dark. The absorbance was measured at 734 nm, using distilled water as blank. The antioxidant activity was calculated by the same equation as $DPPH^{\bullet}$.

Results and Discussion

Anti-α-glucosidase activities of the non-germinated maize and germinated maize are shown in Table 1. All the aqueous of non-germinated maize and germinated maize extracts showed anti-α-glucosidase activities in vitro. These samples of germinated maize extracts showed significant higher anti-α-glucosidase activities than non-germinated maize. Moreover, the anti-α-glucosidase activity of aqueous maize extracts varied but also between different regions. Anti-α-glucosidase activities of control, germinated and fermented germinated maize are presented in Table 1 and Figure 1. The control maize consisted of the α-glucosidase inhibitor at 34.6% and their activities were increased after germination process (49.4%). During germination process, several enzymes have been activated and some of non-protein nitrogen substances could be produced the α-glucosidase inhibitor activity (Hillerb *et al*., 1979). However, the anti-α-glucosidase actiivities of germinated maize fermented with *B.longum* (Figure 1) showed a great α-glucosidase inhibitory activity compared with the germinated and non-germinated maize. The percentage inhibition ranged from 61.33% to 72.12%. The highest anti-α-glucosidase activity was observed in maize fermented with 10% *B. longum* and Incubated for 72 h or 3 days. During fermentation, fatty acid from the glucosides in maize are converted into the corresponding aglycone under hydrolysis by microbials β-glucosidase and could bind to enzymes, such as protein kinases, protein phosphatases and G-proteins, or inhibitory enzymatic activities. It is well known that there are considerable differences in properties of yeast and mammalian digestive glucosidases (Ye and Xie, 2002). Developing alternative assays using mammalian enzymes is strongly recommended (Apostolidis and Shetty, 2007), to decide the possible interaction of the enzyme. Nonetheless, the relationships between these compounds with the α-glucosidase inhibitory activity of maize have not been investigated (Hillerbr *et al*., 1979).

Summary

The antioxidant activity and α-glucosidase inhibitor activity from germinated maize, fermented with useful microorganism was observed that, germinated maize fermented with *Bifidobacterium longum* for 3 day had higher anti-oxidant activities; phenolic compound DPPH and $ABTS^{+}$ and α-Glucosidase inhibitor were greater than those of non-germinated and germinated maize.

Literature cited

Alain, D.B., 1998, Hyperglycaemia and α-glucosidase Inhibitors, Diabetes Research and Clinical Practice, 40: 51–55.

Apostolidis, E., Kwon, Y.I. and Shetty, K., 2007, Inhibitory Potential of Herb, Fruit, and Fungal enriched Cheese against Key Enzymes Linked to Type 2 Diabetes and Hypertension, Innovative Food Science and Emerging Technologies, (8): 46–54.

Fujita, H., Yamagami, T. and Ohshima, K., 2003, Long-term Ingestion of Touchi-extract, An a-glucosidase Inhibitor, by Borderline and Mild Type-2 Diabetic Subjects is Safe and Significantly Reduces Blood Glucose Levels, Nutrition Research, 23: 713–722.

Holman, R.R., 1998, Assessing the Potential for α-glucosidase Inhibitors in Prediabetic States, Diabetes Research and Clinical Practice, 40: 21–25.

Horton, E.S., 1995, NIDDM – the Devastating Disease, Diabetes Research and Clinical Practice, 28: 3–11.

Watchararparpaiboon, W., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O., 2010, An Improved Process for High Quality and Nutrition of Brown Rice Production, Food Science and Technology International, 16(2): 147-158.

Kyung, A.L. and Moo, S.K., 2000, Glucosidase Inhibitor from *Umbilicaria esculenta*, Canadian Journal of Microbiology, 46: 1077–1081.

Lee, D.S. and Lee, S.H., 2001, Genistein, a Soy Isoflavone, is a Potent Alpha-glucosidase Inhibitor, FEBS Letters, 50(4): 84–86.

Liang, H.Y., Cheng, J.J. and Ma, Y., 2004, The Microorganism of Chinese Traditional Soybean Fermented Food, Chinese Food Science, 25: 401–404.

McCue, P., Kwon, Y.I. and Shetty, K., 2005, Anti-diabetic and Antihypertensive Potential of Sprouted and Solid-State Bioprocessed Soybean, Asian Pacific Journal of Clinic Nutrition, 14: 145–152.

Murai, A., Iwamura, K., Takada, M., Ogawa, K., Usui, T. and Okumura, J., 2002, Control of Postprandial Hyperglycaemia by Galactosyl Maltobionolactone and Its Novel Anti-amylase Effect in Mice, Life Science, 71(41): 1405–1415.

Ye, F., Shen, Z. and Xie, M., 2002, Alpha-glucosidase Inhibition from a Chinese Medical Herb (*Ramulus mori*) in Normal and Diabetic Rats and Mice, Phytomedicin, 9: 161–166.

Table 1 The α-Glucosidase inhibitory activities of non-germinated and germinated maize.

	% α-glucosidase inhibition
maize (control)	12.34±0.63
Germinated maize	63.45±1.02
Fermented Germinated maize	72.49±0.91

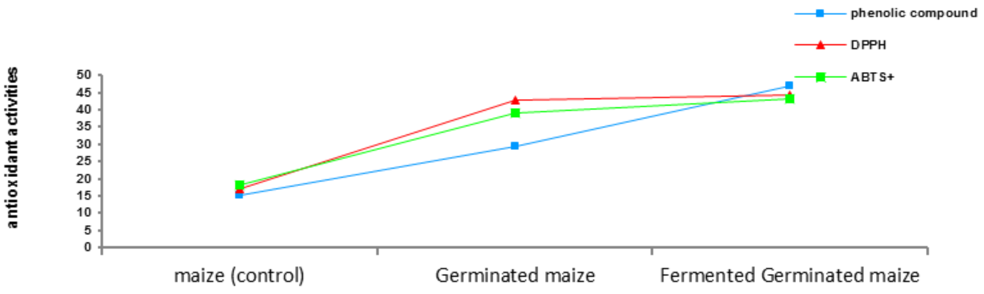


Figure 1 The antioxidant activities and antioxidant activities of non-germinated, germinated, and fermented germinated maize.

สารหอมระเหยและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของทุเรียนตัดแต่งสด พันธุ์หมอนทองในระหว่างการเก็บรักษา

Volatile and Sensory Properties of Fresh Cut Durian (*Durio zibethinus* Murr.) Cultivar 'Mon Thong' During Storage

อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Niponsak, A.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Volatile and sensory qualities of fresh cut fruit play an important role in consumer acceptance. The objective of this research was to evaluate the changes in volatile and sensory properties of fresh cut durian cultivars 'Mon Thong' stored at 29°C for 5 days. The predominant volatile compounds were sulfur containing compounds, ester, and alcohols through 5 days of storage. During storage of fresh cut durian at 29˚C, the major sulfur containing compounds, ester and alcohol increased until 3 days, and then decreased until the end of storage. These results agree with the sensory evaluation. Fresh cut durian stored over three days had pulp surface color fading, soft texture, green odors, off odors, and fruity odors ($p \leq 0.05$) which effected the overall acceptance of panelist.

Keywords: fresh cut durian, volatile compounds, sensory evaluation, storage

บทคัดย่อ

สารหอมระเหยและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลไม้ตัดแต่งสดมีความสำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสารหอมระเหยและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของทุเรียนพันธุ์หมอนทองตัดแต่งสด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29°C เป็นเวลา 5 วัน พบสารหอมระเหยหลัก กลุ่มสารประกอบซัลเฟอร์ เอสเทอร์ และแอลกอฮอล์ ตลอดระยะเวลาการเก็บ 5 วัน แต่ปริมาณสารประกอบซัลเฟอร์ เอสเทอร์ และ แอลกอฮอล์ เพิ่มขึ้นในวันที่ 3 หลังจากนั้นลดลงจนสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งให้ผลในทำนองเดียวกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่พบว่าทุเรียนตัดแต่งสดที่เก็บรักษานานมากกว่า 3 วัน สีของเนื้อทุเรียนอ่อนลง เนื้อสัมผัสนิ่ม เกิดกลิ่นเขียว (green odors) กลิ่นผิดปกติ (off odors) และกลิ่นผลไม้ (fruity odors) เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) มีผลต่อการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบ

คำสำคัญ: ทุเรียนตัดแต่งสด สารหอมระเหย การประเมินทางประสาทสัมผัส การเก็บรักษา

Introduction

Durio zibethinus, commonly known as durian, is an exotic, seasonal fruit due to its unique aroma, taste, and texture. It is a climacteric fruit belonging to the family *Bombacaceae*. Durian is a large heavy fruit, covered with a thick husk with sharp hexagonal thorns which makes peeling a difficult task for untrained people. Fresh cut durian is used to detect fruit quality during display on the shelf. In addition, fresh cut durian is easier to eat. Most recent, research on fresh cut fruit has focused on quality retention based upon visual appearance and rapid biochemical analyses. This approach is questionable with respect to the aroma of fruit and vegetables with high water contents. Hence, shelf-life in terms of aroma quality is becoming an active area of research for fresh cut products. The development of off-odors is often one of the factors limiting the shelf life of fresh cut produce (Bai *et al.*, 2003). Cut fruit products rapidly lose their typical aroma during storage. Fresh cut cantaloupe melon lost of freshness within a day of ambient storage (Lamikanra and Richard, 2002). Inferior tomato aroma was reported after short term ambient storage of ripe tomatoes (Maul *et al.*, 2000). Booncherm and Siriphanich (1991) reported

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

that fresh-cut durian could be kept longer than its intact. Thus, the objective of this study was to identify volatile compounds changes and sensory attributes during storage of fresh cut durian.

Materials and Methods

Plant material preparation: Durian was harvested at 80% maturity and dehusked. Then, fruit pulps were dipped in 500 ppm Clorox for 5 min for preventing initial microorganism and twice cleaned with water and left to dry. Durian pulps were packed at ambient temperature. The volatile compounds and sensory properties of durian pulp were measured at initial day, 3 and 5 days of storage. All data are the mean of triplicates.

Isolation of volatile compounds was performed using headspace-solid-phase microextraction gas chromatography (HS-SPME-GC-MS): A 50/30μm DVB/CAR/PDMS fiber (Supelco, USA) was used. Five grams of durian pulp were transferred into a vial and heated at 50°C for 10 min. Sampling time was 20 min at 50°C and desorption at 240°C for 7 min. GC-MS was performed on a durian sample using 7890A gas chromatograph coupled with a mass spectrometer (Agilent, USA). A DB-WAX column (30m length x 0.32 mm I.d., 0.5μm film thickness) (J&W, USA) was used. The temperature program was initial temperature 40°C, and then raised to 200°C at rate 5°C min^{-1}, and held at 200°C for 2 min. The interface temperature was 220°C and mass spectra in the electron ionization (MS-EI) mode were generated at 70 eV. The mass spectrometer was operated in a scan mode from 10 to 350 amu. Data was identified according to NIST and Wiley library. Compounds were then confirmed by GC retention time, Kovats index, Mass spectra, and alkanes standard (C_8-C_{20}).

Sensory evaluation: A panel of 15 assessors (11 females, 4 males) determined fruit quality which was evaluated initially and on a daily basis for fruit stored at 29°C using quantitative descriptive analysis (QDA). Acceptability of each attribute was evaluated at the same time based on a nine-point hedonic scale. The analysis was terminated at day 5 due to unacceptable durian aroma. Selection of similar terms used by the panelists resulted in a consensus list of 7 descriptors with their agreed definitions. The surface color of durian fruit ranged from whitish to golden yellow. Five aroma descriptors were generated, namely fruity odor, sulfur odor, green odor, off-odor, and overall acceptance while softness was used to describe the texture properties of durian pulp. Products were evaluated in duplicate.

Results and Discussion

Table 1 presents the volatile compounds of durian during storage at 29$\pm$1°C. Thirty-two different volatile compounds from the headspace of durian were detected by HS-SPME-GC-MS. The volatiles detected included 15 sulphur containing compounds, 6 esters, 7 alcohols, 2 ketone, 1 aldehydes and 1 carboxylic acid. Ethanethiol, diethyl disulfide, and diethyl trisulfide were the predominant sulfur containing compounds which increased during storage for 3 days then decreased until the end of storage. The three compounds found in this study might serve as character impact compounds in durian that contribute to its sulfur odor. Amounts of 3, 5-Dimethyl-1, 2, 4-trithiolane (isomer1 and 2) were different from the other sulfur containing compounds, and increased throughout storage period. These compounds originated during ripening and storage (Rinaldi *et al.*, 2012). Ethyl acetate was the major ester which gave the fruity odor in durian pulp. 3-hydroxy-2-butanone which was reported to be the dominant a hydroxyketone in durian fruit by Wong and Tie (1995), was also detected. Ethyl alcohol was the predominant alcohol presented in durian. Ethyl acetate, 3-hydroxy-2-butanone, and ethyl alcohol increased at 3 days of storage and then decreased. The most volatile compounds increased at earliest stage of storage due to the increase in respiration which generated volatile by chemical reaction such as oxidation/reduction, degradation and hydrolysis. Afterward volatiles decreased due to fruit senescence (Damiani *et al.*, 2009). Sensory evaluation was presented in Table 2. Fresh cut durians obtained high scores for surface color at the end of storage; these results demonstrated that the fading color of durian pulp is mainly due to oxidation of carotenoid. The intensity of

fruity odor and sulfur odor increased as a consequence of storage time, and then decreased on day 5 of storage. Green odor was elevated due to the increase in 1-hexanol, which was correlated with the green aroma. On day 3, most panelists detected a high off-odor and presented higher scores of softness which corresponded to texture of durian pulp. For samples stored past 3 days at 29°C, overall acceptance decreased until unacceptable levels were reported due to rapid respiration of durian pulp.

Summary

Storage time affected the volatile compounds profile and sensory properties of fresh cut durian. The loss of sulfur containing compounds and esters after 3 days of storage at 29°C correlated with the decrease in intensities of fruity odor and sulfur odor perceived by panelists. Sensory analyses revealed that fresh cut durian could be stored for 3 days, after which the green aroma became intense and rendered the fruit unacceptable. The data of this study can be used to indicate the quality and storage period of fresh-cut durian for consumer acceptance.

Acknowledgements

This research was supported by a grant from the Thailand Research Fund through the Royal Golden Jubilee Ph.D Program (Grant No. PHD/0324/2550) and The National Research University (NRU) Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission to student's initials and advisor's initials is acknowledged.

Literature cited

Bai, J., Saftner, R.A. and Watada, A.E., 2003, Characteristics of Fresh-cut Honeydew (*Cucumis xmelo* L.) Available to Processors in Winter and Summer and its Quality Maintenance by Modified Atmosphere Packaging, Postharvest Biology and Technology, 28: 349-359.

Booncherm, P. and Siriphanich, J., 1991, Postharvest Physiology of Durian Pulp and Husk, Kasetsart Journal, 25: 119–125.

Damiani, C., Vilas, B.V., Ferri, P.H., Pinto, D.M. and Rodrigues, L.J., 2009, Volatile Compounds Profile of Fresh-cut Peki Fruit Stored under Different Temperatures, Ciência e Tecnologia de Alimentos, 29(2): 435-439.

Lamikanra, O. and Richard, O.A., 2002, Effect of Storage on Volatile Aroma Compounds in Fresh-cut Cantaloupe Melon, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 4043–4047.

Maul, E., Sargent, S.A., Sims, C.A., Baldwin, E.A., Balaban, M.O. and Huber, D.J., 2000, Tomato Flavor and Aroma Quality as Affected by Storage Temperature, Journal of Food Science and Technology, 65: 1228–1237.

Rinaldi, M., Dall'Asta, C., Meli, F., Morini, E., Pellegrini, N., Gatti, M. and Chiavaro, E., 2012, Physiochemical and Microbiological Quality of Sous-vide-processed Carrots and Brussels Sprouts, Food Bioprocess Technology, doi: 10.1007/s11947-012-0973-8.

Wong, K.C. and Tie, D.Y., 1995, Volatile Constituents of Durian (*Durio zibethinus* Murr.), Flavour and Fragrance Journal, 10: 79–83.

Table 1 Relative peak area of volatile compound in fresh cut durian during storage at 29±1°C

RI	Volatile compounds	Storage period (days)			Odor description*
		initial	3	5	
Aldehyde					
1752	4-ethyl benzaldehyde	0.07	0.08	-	almond, burnt sugar
Ketone					
1300	3-hydroxy-2-butanone	2.34	8.91	7.04	buttery, sweet, creamy
1647	dihydro-2(3H)furanone	0.40	2.60	0.57	
Carboxylic					
1462	acetic acid	0.33	1.72	0.64	sour
Alcohol					
970	ethyl alcohol	1.86	2.94	1.26	sweet, alcoholic
1367	1-hexanol	-	-	0.04	resin, floral, green
1373	2-butanol	0.03	0.33	0.03	
1501	2-ethylhexanol	0.08	0.56	0.38	rose, green
1557	2,3-butanediol	-	-	0.37	fruity, onion
1592	2-propanol	-	-	0.64	alcohol, pungent
1858	1,4-butanediol	-	0.18	0.15	
Esters					
944	ethyl acetate	-	9.61	8.22	fruity, sweet, and rum-like
1047	ethyl butanoate	-	1.76	1.24	sweet, fruity
1174	2-ethyl butanoate	0.1	0.97	0.82	fruity
1243	ethyl hexanoate	-	2.35	1.47	sweet, fruity, fatty
1399	methyl hexanoate	0.07	0.46	-	fruity, pineapple, ether
1445	ethyl octanoate	0.10	0.89	0.43	fruit, fatty
Sulphur containing compound					
902	ethanethiol	12.77	14.23	8.49	sulfury, onion
1101	s-ethyl ethanethioate	4.53	5.55	1.59	coffee, onion, garlic
1150	methyl ethyl disulfide	0.63	0.81	-	sulfurous truffle
1187	propyl thiolacetate	0.41	0.48	-	sulfureous green
1221	diethyl disulfide	4.45	5.53	3.71	sulfury,onion, garlic
1355	1,2-bis(ethylthio)ethane	0.54	0.49	1.11	
1425	1-propene-1-thiol	0.02	0.14	-	cabbage, onion-like odor
1517	diethyl trisulfide	11.3	9.95	4.04	sulfurous garlic onion
1597	1-(methylthio)butane	0.21	-	-	
1613	3,5-Dimethyl-1,2,4-trithiolane (isomer1)	1.35	4.31	4.78	sulfury,heavy
1633	3,5-Dimethyl-1,2,4-trithiolane (isomer2)	1.47	4.74	5.32	sulfury, onion odor
1722	1,1-bis(methylthio) ethane	0.25	0.23	0.26	
1760	1,1-bis(ethylthio) ethane	0.40	1.11	0.59	burnt, alliaceous odor
1803	ethyl thiocyanate	-	0.11	0.22	
2050	1,2-bis(ethylthio)propane	0.23	-	-	

RI means Retention indices.
*odor description from flavornet

Table 2 Sensory attributes of fresh cut durian during storage at 29 °C for 5 days as influenced by storage time

Storage time (days)	Surface color	Fruity odor	Sulfur odor	Green odor	Off odor	Softness	Overall acceptance
initial	5.75b	4.50b	4.50b	2.00b	1.00b	3.75b	8.86a
3	7.23a	5.57a	7.28a	3.61a	2.69a	7.00a	6.38b
5	7.28a	5.54a	5.92b	3.71a	2.71a	6.57a	5.00b

Values are expressed in sensory test metric units and presented as mean (n=10). Mean in columns followed by different letters differed significantly (p<0.05) according to the least significant differences (LSD).

การหาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทกากถั่วเขียวด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง

Response Surface Methodology for Optimization of Mungbean Meal Protein Hydrolysate

ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น[1] ณัฎฐา เลาหกุลจิตต์[1] และอรพิน เกิดชูชื่น[1]

Sonklin, C.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The research was studied Response Surface Methodology for optimization of mungbean meal protein hydrolysate. The enzyme concentration and hydrolysis time had linear and quadratic effects on the degree of hydrolysis (DH), DPPH scavenging activity, ABTS scavenging activity and bitterness values of mungbean protein hydrolysate. A statistically significant interaction ($p \leq 0.05$) on the degree of hydrolysis (DH), DPPH, ABTS and bitterness value were observed between enzyme concentration (x_1) and hydrolysis time (x_2). The best explanatory model equations for the DH, DPPH, ABTS and bitterness were carried out. A three-dimensional plot based on the proposed models showed that increasing enzyme content and hydrolysis time increased the DH, DPPH scavenging activity, ABTS scavenging activity and bitterness. Optimal treatment combinations for production were determined to obtain maximum DH, DPPH and ABTS and minimum bitterness. Second-order polynomial models obtained in this research were utilized in order to determine the optimum treatment combinations. The zone of optimization which was derived from the overlay plot was the optimal enzyme concentration to be 10-18% and hydrolysis time to be 8-24 h.

Keywords: protein hydrolysate, mungbean meal, Bromelain, response surface methodology

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการหาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทกากถั่วเขียวด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง พบว่าความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาในการย่อยสลายมีผลต่อค่าร้อยละระดับการย่อยสลาย ค่า DPPH ค่า ABTS และระดับความขมของโปรตีนไฮโดรไลเซทกากถั่วเขียว โดยเป็นลักษณะเส้นตรงและกำลังสอง ซึ่งความเข้มข้นเอนไซม์(x_1) และเวลาในการย่อยสลาย (x_2) มีอิทธิพลต่อร้อยละระดับการย่อยสลาย ค่า DPPH ค่า ABTS และระดับความขมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และแสดงค่าความสัมพันธ์ในรูปของสมการทำนายค่า จากนั้นนำสมการที่ได้ไปสร้างกราฟแบบสามมิติ พบว่าความเข้มข้นเอนไซม์และเวลาในการย่อยสลายเพิ่มขึ้น ร้อยละระดับการย่อยสลาย ค่า DPPH ค่า ABTS และระดับความขมเพิ่มขึ้น จากนั้นหาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทกาก ถั่วเขียวโดยนำกราฟสามมิติที่ได้ทำการซ้อนทับกัน พบว่าภาวะที่เหมาะสมคือ ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 10-18 และ เวลาในการย่อยสลาย 8-24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นบริเวณที่ให้อัตราการย่อยสลาย ค่า DPPH scavenging activity ค่า ABTS scavenging activity สูง และให้ระดับรสขมต่ำ

คำสำคัญ: โปรตีนไฮโดรไลเซท กากถั่วเขียว โบรมิเลน วิธีพื้นผิวตอบสนอง

Introduction

Response surface methodology (RSM) is the one of high effective tools for optimizing the process when many factors and interactions affect the desired response (Zhen *et al*., 2008). The advantage of RSM is the decreased number of experimental trials needed to evaluate multiple parameters and their interactions. It usually uses an experimental design to fit a first- or second- order polynomial by least significant technique. The surface plots and contour plots can be usefully employed to study the response surfaces and locate the optimum. Many research reported the determination optimum condition of protein hydrolysate using RSM such as an optimization

[1] สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน)
49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] Division Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkuntien)
49 Tein-talay 25 Rd., Tha-kam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

of the Alcalase 2.4L hydrolysis process of rapeseed protein hydrolysate (Zhang *et al*., 2007), an optimization the conditions for rice bran protein hydrolysates by using Protex 6L and determined radical scavenging activity (RSA) and yield using RSM. (Kokkeaw *et al*., 2007) and a mixture design of starch, sugarcane bagasse fiber, and polyvinyl alcohol effects on extruded foam properties (Mali *et al*., 2010). The optimization of the effects of bromelain hydrolysis of mungbean meal protein hydrolyzed on degree of hydrolysis, yield and NaCl was investigated in the previous work, but the optimum condition from the interaction affect of flavor and antioxidant activity has not been done. Therefore, this work carried out the effect of enzyme concentration and hydrolysis time on DH, DPPH scavenging activity, ABTS scavenging activity and bitterness of mungbean meal protein hydrolysate and the optimization condition by RSM.

Materials and Methods

The defatted mungbean meal (DMM) was dispersed with steriled water (10 g/100 mL) in 500 mL. The pH was adjusted to pH 6.0 with 2 M NaOH or 2 M HCl. DMM and 5, 10, 15, 20% (w/w) Bromelain solution was incubated in a water bath at 50°C for 5 min before mixing. The control was 0% (w/w) Bromelain. After 5 min, Bromelain solution was mixed with DMM and incubated at 50°C in water bath for 6, 12, 18 and 24 hr. The reaction will be stopped by heating at 95°C for 15 min. Enzymatic bromelain mungbean meal protein hydrolysates (eb-MPH) were filtered through filter paper. The filtrate of eb-MPH was collected and analyzed for as following; Degree of hydrolysis (DH) according to Flavia *et al.* (1998), antioxidant activity by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazy l (DPPH radical-scavenging activity) by Bersuder *et al*. (1998), and 2,2-azinobis (3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS radical-scavenging activity) by Binsan *et al*. (2008) and bitterness value by descriptive sensory analysis with a 5-point scoring test by 15 semi-panelists.

The degree of hydrolysis, DPPH radical-scavenging activity, ABTS radical-scavenging activity and bitterness were used as criteria for the selection of the optimum hydrolysis conditions. A 5×4 factorial completely randomized design (CRD) was used to obtain the combination of values that optimized the reaction. All treatments were performed in three replicates. To identify the optimum levels of two variables, the RSM was applied. The two independent variables were enzyme concentration (x_1 = 0, 5, 10, 15 and 20% w/w) and hydrolysis time (x_2 = 6, 12, 18 and 24 h). It was assumed that the estimated response surface (y) could be described with the aid of a second-order model with the following equation 1:

$$y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2 + b_0 \text{ ---------- eq. 1}$$

Variable y was a predicted response (DH, DPPH, ABTS and bitterness), x_1 and x_2 were independent variables, b_0 was an offset term, b_1 and b_2 were linear effects and b_{12} was interaction effects (Khuri and Cornell, 1987). The model evaluated the effect of each independent variable. Analysis of the experimental design and calculation of predicted data were performed using SPSS program 7.5.2 (SPSS Inc., 1997, USA) to estimate the effects of the independent variables. Surface plots were produced by Statistica Program 5.0 (StatSoft Inc., 1995, USA).

Results and Discussion

The degree of hydrolysis, DPPH radical-scavenging activity, ABTS radical-scavenging activity and bitterness, regression coefficients showed that enzyme concentration and hydrolysis time had linear and quadratic effects on these values. A statistically significant interaction ($p \leq 0.05$) on the DH, DPPH, ABTS and bitterness value (Table 1) were observed between enzyme concentration (x_1) and hydrolysis time (x_2). The interaction term also remained in the model when the respective equation model was accurate.

For the DH, the high value for the estimated regression coefficient for enzyme concentration from Table 1 (b_1 = 3.305) indicated that it was the most important linear variable influencing the DH values. Positive value

implied that the DH values increased with increasing enzyme concentration, which this DH result was similar to the results presented by other reports (Imm and Lee, 1999). The best explanatory model equation for the DH obtained from enzymatic bromelain mungbean meal protein hydrolysate is shown in eq 2. In term of DPPH, the interaction effect was significant ($p \leq 0.05$). Of the linear variables affecting the DPPH value, enzyme concentration had a higher regression coefficient ($b_1 = 8.468$) than hydrolysis time ($b_2 = 3.429$) (Table 3.1). The best explanatory model equation for the DPPH value for eb-MPH is as follows: The ABTS and bitterness, enzyme concentration (x_1) and hydrolysis time (x_2) had linear effects on the %ABTS and bitterness score. The enzyme concentration had also a greater regression coefficient (b_1 = 9.255 and 0.325, respectively) than hydrolysis time. The best explanatory model equations for the ABTS and bitterness for eb-MPH are as equation 5 and 6, respectively: Equations 2, 3, 4 and 5 fit the experimental data with an acceptable determination coefficient (DH, $R^2 = 0.818$; DPPH, $R^2 = 0.925$: ABTS, $R^2 = 0.969$ and Bitterness, $R^2 = 0.891$). A three-dimensional plot (Figure 1 a, b, c and d) based on the proposed models showed that increasing hydrolysis time and enzyme content increased the DH, DPPH, ABTS and bitterness. Optimal treatment combinations for eb-MPH production were determined to obtain maximum DH, DPPH and ABTS and minimum bitterness. Second-order polynomial models obtained in this research were utilized in order to determine the optimum treatment combinations. Therefore, the zone of optimization as shown in the overlay plot depicts the optimal enzyme concentration to be 10-18% and hydrolysis time to be 8-24 h (Figure 1 a, b, c and d).

$$DH = 3.305x_1 + 2.318x_2 - 0.0986x_1^2 - 0.0654x_2^2 - 0.0256x_1x_2 + 8.401 \text{ ---------- eq. 2}$$

$$DPPH = 8.468x_1 + 3.429x_2 - 0.254\,x_1 - 0.0951x_2^2 - 0.0307x_1x_2 - 2.967 \text{---------- eq. 3}$$

$$ABTS = 9.255x_1 + 1.418x_2 - 0.310x_1^2 - 0.0296x_2^2 + 0.0007961x_1x_2 + 0.238 \text{---------- eq. 4}$$

$$Bitterness = 0.325x_1 - 0.0874x_2 - 0.0101x_1^2 + 0.003395x_2^2 - 0.00219x_1x_2 + 1.729 \text{---------- eq. 5}$$

The chosen treatment combinations for enzyme content and hydrolysis time, determined with the statistical model, and the experimental results are listed in Table 2. The observed DH, DPPH, ABTS and bitterness were close to the predicted values for them by RSM. These results confirm the predictability of the model for producing enzymatic bromelain mungbean meal protein hydrolysate with these experimental conditions.

Summary

From the RSM, the optimal enzyme concentration at 15% and hydrolysis time at 12 h were the optimum condition for mungbean meal protein hydrolysate condition. DH, DPPH, ABTS from this condition was high while the bitterness value was acceptable from consumer.

Literature cited

Zhen, H., Shen, X., Bu, G. and Luo, Y., 2008, Effect of pH, Temperature and Enzyme-to Substrate Ratio on the Antigenicity of Whey Protein Hydrolysates Prepared by Alcalase, International Dairy Journal, 18: 1028 – 1033.

Zhang, S., Wang, Z. and Xu, S., 2007, Optimization of the Aqueous Enzymatic Extraction of Rapeseed Oil and Protein Hydrolysates, Journal of the American Oil Chemists' Society, 84: 97–105.

Kokkeaw, H. and Thawornchinsombut, S., 2007, Process Optimization of Jasmine Rice Bran Protein Hydrolysates and its Radical Scavenging Property, Agricultural Science Journal, 38: 177 – 180.

Malia, S., Debiagia, F., Grossmannb, M. and Yamashita, F., 2010, Starch, Sugarcane Bagasse Fibre, and Polyvinyl Alcohol Effects on Extruded Foam Properties: A Mixture Design Approach, 32: 353-359.

Bersuder, P., Hole, M. and Smith, G., 1998, Antioxidants from a Heated Histidine–glucose Model System. I. Investigation of the Antioxidant Role of Histidine and Isolation of Antioxidants by High Performance Liquid Chromatography, Journal of the American Oil Chemist's Society, 75: 181–187.

Binsan, W., Benjakul, S., Visessanguan, W., Roytrakul, S., Tanaka, M. and Kishimura, H., 2008, Antioxidative Activity of Mungoong, an Extract Paste, from the Cephalothorax of White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*), Food Chemistry, 106: 185–193.

Flavia, M.N. and Maria, A., 1998, Production and Characterization of Enzymatic Hydrolysate from Soy Protein Isolate, LWT-Food Science and Technology, 31: 624-631.

Imm, J.Y. and Lee, C.M., 1999, Production of Seafood Flavor from Red Hake (*Urophycis chuss*) by Enzymatic Hydrolysis, Journal of Agricaltural and Food Chemistry, 47: 2360–2366.

Khuri, A.I. and Cornell, J.A., 1987, Response Surface: Designs and Analysis; Marcel Dekker: New York.

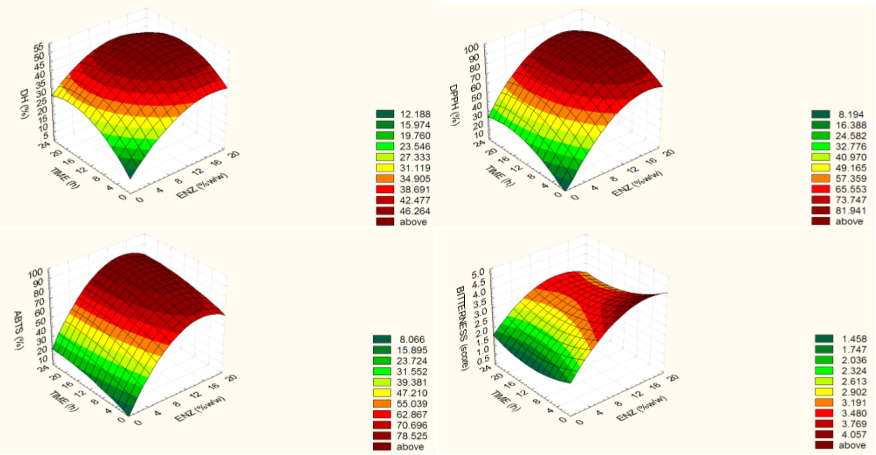


Figure 1 Response surfaces for the effects of enzyme concentration and hydrolysis time on the degree of hydrolysis (DH), DPPH radical-scavenging activity (DPPH), ABTS radical-scavenging activity (ABTS) and bitterness of eb-MPHs: (a) the degree of hydrolysis (%), (b) DPPH radical-scavenging activity (%), (c) ABTS radical-scavenging activity (%) and (d) bitterness.

Table 1 Model Regression Coefficients Estimated by Multiple Linear Regressions for the degree of hydrolysis (DH), DPPH radical-scavenging activity (DPPH), ABTS radical-scavenging activity (ABTS) and bitterness of eb-MPHs[a].

Factor		Coefficient			
		DH	DPPH	ABTS	Bitterness
constant		8.401*	-2.967*	0.238*	1.729*
Linear:	X_1	3.305*	8.468*	9.255*	0.325*
	X_2	2.318*	3.429*	1.418*	-0.0874*
quadratic:	X_1^2	-0.0986*	-0.254*	-0.310*	-0.0101*
	X_2^2	-0.0654*	-0.0951*	-0.00296*	0.003395*
interactions					
Interactions:	$X_1 \times X_2$	-0.0256*	-3.070×10^{2}*	0.0007961*	-0.0219*
	R^2	0.818	0.925	0.969	0.891

[a] A model in which x1 = enzyme concentration, x2 = hydrolysis time., *Significant at $p \leq 0.05$.

Table 2 Observed and Predicted Values of the Confirmation Experiments.

Trial	Conditions[a]	DH[b]		DPPH[b]		ABTS[b]		Bitterness[b]	
		obs	pre	obs	Pre	obs	pre	obs	pre
1	x_1 = 10%, x_2 = 18h	8.9	7.5	9.1	1.6	1.2	7.8	8	5
2	x_1 = 15%, x_2 = 24h	0.1	4.3	8.4	3.3	2.2	6.5	2	8
3	x_1 = 20%, x_2 = 24h	3.1	0.8	9.0	7.6	8.0	8.7	1	8

obs = observed, pre = predicted, [a] x_1 represents enzyme concentration. x_2 represents hydrolysis time., [b] Mean ± SD (n = 3).

การสกัดพอลิแซคคาไรด์จากสาหร่ายไส้ไก่ด้วยกรดและสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

Acid Extraction and *in vitro* Antioxidant Activity of Crude Polysaccharides from *Ulva intestinalis*

นภัสสร เพียสุระ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Peasura, N.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

Crude polysaccharides were isolated from *Ulva intestinalis* by hydrochloric acid at 0.1 and 1N and distilled water (control) extraction at 25ºC for 1, 6 and 12 h. The result indicated that crude polysaccharides were extracted from distilled water consisted of % yield at 3.06-4.31%, total sugars 7.37-12.65 g/100g and proteins 0.27-0.46 g/100g. For hydrochloric extraction, % yield, total sugars and proteins were 11.15-12.51%, 35.30-36.07 g/100g and 1.21-6.75 g/100g, respectively. Moreover, sulfates were also found in both water and acid extractions at 32.13-33.19 g/100g and 23.86-26.33 g/100g, respectively. Thus, the polysaccharides were defined as sulfated polysaccharides. In addition, crude polysaccharides extracted with 0.1N of HCl had higher antioxidant activity evaluated by 2, 2- diphenyl-1-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) and azino-bis (3-ethyl benztothaizoline-6-sulfinic acid) ($ABTS^{\bullet+}$) than their activities from distilled water and 1N of HCl extraction.

Keywords: *Ulva intestinalis*, acid extraction, antioxidant activity

บทคัดย่อ

สกัดพอลิแซคคาไรด์จากสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis)* ด้วยกรดไฮโดรคลอริก (ความเข้มข้น 0.1 และ 1 นอร์มัล) และน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) อุณหภูมิการสกัด 25ºC นาน 1, 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดด้วยน้ำมี % yield ระหว่าง 3.06-4.31% ปริมาณน้ำตาล 7.37-12.65 g/100g และ ปริมาณโปรตีน 0.27-0.46 g/100g ส่วนการสกัดด้วยกรดมีค่า % yield ปริมาณน้ำตาล และ ปริมาณโปรตีน ระหว่าง 11.15-12.51%, 35.30-36.07 g/100g และ 1.21-6.75 g/100g พบซัลเฟตในพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดด้วยน้ำและกรด มีค่า 32.13-33.19 g/100g และ 23.86-26.33 g/100g ตามลำดับ แสดงว่าพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากน้ำและกรดเป็นซัลเฟตพอลิแซคคาไรด์ โดยซัลเฟตพอลิแซคคาไรด์จากการสกัดด้วย 0.1 นอร์มัล กรดไฮโดรคลอริก มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl ($DPPH^{\bullet}$) และ azino-bis (3-ethyl benztothaizoline-6-sulfinic acid) ($ABTS^{\bullet+}$) สูงกว่าพอลิแซคคาไรด์จากการสกัดด้วยน้ำ และ 1 นอร์มัล กรดไฮโดรคลอริก

คำสำคัญ: *Ulva intestinalis* การสกัดด้วยกรด ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

Introduction

Polysaccharides extracted from *Ulva intestinalis* (Chlorophyta) are a group of sulfated polysaccharide. These compounds are complex heterogeneous and bioactive macromolecules in which some of hydroxyl groups in residues are substituted with sulfate groups (Kim *et al.,* 2011). Sulfated polysaccharides are particular interest because of their effective bioactivities, such as antioxidant (Godard, 2009), antihyperlipidemic (Qi *et al.,* 2012), antiviral (Cassolato *et al,* 2008), antitumor (Zhou *et al,* 2006), antiinflammatory (Saito *et al.,* 2006) and immunomodulatory activities (Kim *et al.,* 2011). Many researches proved that sulfate polysaccharides from Chlorophyta and various classes of them had been shown as potent antioxidants. It is well known that reactive oxygen species (ROS) are a primary cause of biomolecular oxidation and may result in significant damage to cell structure, contributing to various diseases; cancer, stroke, diabetes, and degenerative processes associated with aging (Cadenas *et al.,* 2000). Recently, much research attention has been focused on the antioxidant activity of green seaweeds. Costa et al. (2010) reported that the sulfate polysaccharides from *Codium isthmocladum* (Chlorophyta) showed antioxidant activity. Zhang et al. (2010) showed that all sulfated polysaccharides from three green algae *Ulva pertusa*, *Enteromorpha lina* and *Bryopsis plumose* possessed antioxidant activities in certain assays. Many researches have been proved that the degree of sulfation (DS) could have a significantly effect on

[1]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล ท่าข้าม ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

[1] School of Bioresources and Technology King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tein Talay 25, Bangkhuntien, Bangkok 10150

antioxidant activity of sulfated polysaccharides extracts from seaweed (Zhang *et al.,* 2010). In contrast, Barahona et al. (2011) reported that low sulfate content of crude polysaccharide exhibited the highest radical scavenging by $ABTS^{•+}$ assay. However, extraction method is the important process which affected on chemical composition such as sulfate content. Ponce et al. (2003) who reported that long extraction time with hydrochloric acid gave high polysaccharide yield with low amount of sulfate. The relationship between structure and antioxidant activities of algal sulfated polysaccharides has not yet been clearly established (Bilan and Usov 2008). Nevertheless, some structural features are required for biological activities, particularly sulfate clusters to ensure interactions with cationic proteins (Mulloy, 2005). Most of studies on antioxidant activities of bioactive compounds from *Enteromorpha* and *Ulva* species mainly focused on polyphenols and flavonoids (Ahn *et al.,* 2007), while few works were reported on sulfated polysaccharides. Thus, the antioxidant activity of sulfated polysaccharides from the green alga *U. intestinalis* was determined in vitro, including $DPPH^{•}$ and $ABTS^{•+}$ radical scavenging assay. The aim of this work was to isolate sulfated polysaccharides from *U. intestinalis* isolated by acid extractions, varying the acid concentration (0, 0.1 and 1N) and the extraction time (1, 6 and 12 h) at 25°C. Finally, their physicochemical properties and antioxidant potential was evaluated.

Materials and Methods

Dried algae *U. intestinalis* from Pattani bay contained moisture content at 12%. They were extracted with hydrochloric acid varied concentrations at 0.1, 1N and distilled water as control. The extraction condition was 25ºC for 1, 6 and 12 h. The supernatant was separated from algae residues by successive filtration through nylon cloth. The supernatant was filtered through whatman No.1 again, neutralized with 6N NaOH. The extract was precipitated with three fold of the volume of 95% ethanol (v/v) and kept at 4°C overnight. The precipitant was collected by centrifugation, and washed two times with 50% and 95% ethanol, respectively. Then, it was centrifuged to recover the precipitant for analysis. A 3X3 factorial completely randomized design (CRD) was used with three replications. Crude polysaccharide obtained from water and acid extraction was calculated yield percentage. Total sugar in crude polysaccharide was colorimetrically determined by the phenol-sulfuric acid method (Dubois *et al*., 1956) using glucose as standard. Sulfate content was analyzed followed the method of AOAC (2000). The analysis for antioxidant activity was assayed by 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Duan *et al*., 2006) and azino-bis (3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid diammoniumsalt) ($ABTS^{•+}$) (Kim *et al*., 2008)

Results and Discussion

The yield of crude polysaccharides was in the range from 3.06 to 12.51%. Crude polysaccharides from distilled water extraction had the lowest yield. Yields of crude polysaccharide from 0.1 and 1 N HCl had higher than that of distilled water. It could be explained that acidic and neutral polysaccharides attributed to the better solubility in acid solvent. The acid extraction showed that the maximum polysaccharide yield was 12.51% (dry weight) at 0.1 N HCl for 12 h. The integrity of the polysaccharide was the best conserved at low acid concentration, since the use of 1 N HCl apparently broke the integrity of the polysaccharide molecules resulting in a decline of crude polysaccharide (Mabeau *et al.,* 1990). The total sugar extracted with distilled water ranged from 7.37-12.65 g/100g. The extraction with 1 N HCl for 12 h had the highest total sugar at 36.07g/100g. Moreover, distilled water extraction for 12 h gave the highest sulfate at 33.19 g/100g. In addition, sulfate content of crude polysaccharides extracted with water had higher than that with acid extraction. According to Haroun-Bouhedja *et al.* (2000), who reported that sulfate groups were partially removed from polysaccharides chain by acid. Moreover mild acid (0.1N HCl) hydrolysis was partially hydrolyzed polysaccharides, resulted in low molecular size of crude sulfated polysaccharides (Pielesz *et al.,* 2011).

For antioxidant activity, crude polysaccharides extracted with 0.1N HCl had higher antioxidant activity evaluated by $DPPH^{•}$ and $ABTS^{•+}$ than their activities from distilled water and 1N HCl extraction. In this study, low sulfated of crude polysaccharides extracted with 0.1N HCl had higher antioxidant activity than high sulfate content

of crude polysaccharide extracted with distilled water. This result was not consistent with Zhang *et al.,* (2010) who reported that high sulfate content could have a significant effect on antioxidant activity of seaweeds sulfated polysaccharides. .Although sulfates content are required for antioxidant activities but molecular weight (Silva et al., 2005) and sulfate position also significant effect on antioxidant activity of seaweed sulfated polysaccharide (Qi et al., 2005). Pomin et al. (2005) suggested that low molecular weight may have an increased molar concentration induced by the depolymerization and may allow greater molecular mobility and diffusivity than high molecular weight. Thus, both effects of increased molar concentration and improved interactions with radical seem to be responsible for enhancement antioxidant activity of partially hydrolyzed polysaccharide from *U. intestinalis.*

Summary

The crude polysaccharide from acid extraction at 0.1N for 12 h had the highest yield, whereas highest total sugar and protein content was obtained from acid extraction at 1N for 12 h. The highest sulfate content was found in crude polysaccharides which were extracted with distilled water for 12 h. Antioxidant activities of crude polysaccharides extracted with 0.1N for 12 h showed the highest antioxidant activities. In addition, antioxidant activity was evaluated by $ABTS^{\bullet+}$ higher than $DPPH^{\bullet}$ assay.

Acknowledgments

This work was supported by the Higher education Research Promotion and National Research University Project of Thailand, Office of the Higher Education Commission.

Literature cited

Ahn, G.N., Kim, K.N., Cha, S.H., Song, C.B., Lee, J., Heo, M.S., Yeo, I.K., Lee, N. H., Jee, Y.H., Kim, J.S., Heu, M.S. and Jeon, Y.J., 2007, Antioxidant activities of phlorotannins purified from *Ecklonia cava* on free radical scavenging using ESR and H_2O_2 mediated DNA damage, European Food Research and Technology, 226, 71-79.

Barahona, T., Chandía, N. P., Encinas, M. V., Matsuhiro, B. and Zúñiga, E.A., 2011, Antioxidant capacity of sulfated polysaccharides from seaweeds. A kinetic approach, Food Hydrocolloids, 25, 529-535.

Bilan, M.I. and Usov A.I., 2008, Structural analysis of fucoidans, Natural Product Communications, Brazilian Academy of Sciences, 77, 651-664.

Cadenas, E. and Davies, K.J.A., 2000, Mitochondrial free radical generation, oxidative stress, and aging, Free Radical Biology and Medicine, 29, 222–230.

Cassolato, J., Noseda, M., Pujol, C. and Pellizzari, F., 2008, Chemical structure and antiviral activity of the sulfated heterorhamnan isolated from the green seaweed *Gayralia oxysperma*, Carbohydrate Research, 343, 3085–3095.

Costa, L.S., Fidelis, G.P., Cordeiro, S.L., Oliveira, R.M., Sabry, D.A. and Camara R.B.G., 2010, Biological activities of sulfated polysaccharides from tropical seaweeds, Biomedicine & Pharmacotherapy, 64 (1), 21-28.

Godard, M.; Décordé, K.; Ventura, E.; Soteras, G.; Baccou, J.-C.; Cristol, J.-P.; Rouanet, J.-M., 2009, Polysaccharides from the green alga *ulva rigida* improve the antioxidant status and prevent fatty streak lesions in the high cholesterol fed hamster, an animal model of nutritionally-induced atherosclerosis, Food Chemistry, 115, 176–180.

Haroun-Bouhedja, F., Ellouali, M., Sinquin, C. and Boisson-Vidal, C., 2000, Relationship between sulfate immunomodulatory activity of sulfated polysaccharides from *Enteromorpha prolifera*, International Journal of Biological Macromolecules, 49, 1051-1058.

Kim, J.H., Cho, A., Yin, H., Schafer, D.A., Mouneimne, G., Simpson, K.J., Nguyen, K.V., Brugge, J.S. and Montell, D.J., 2011, Psidin, a conserved protein that regulates protrusion dynamics and cell migration, Genes and Development, 25, 730-741.

Kim, J.K., Cho, M.L., Karnjanapratum, S., Shin, I.S. and You, S.G., 2011, In vitro and in vivo immunomodulatory activity of sulfated polysaccharides from *Enteromorpha prolifera*, International Journal of Biological Macromolecules, 48, 311-318.

Pielesz, A., Binias, W. and Paluch, J., 2011, Mild acid hydrolysis of fucoidan: characterization by electrophoresis and FT-Raman spectroscopy, Carbohydrate Research, 346, 1937–1944.

Ponce, N.M.A., Pujol, C.A., Damonte, E.B., Flores, M.L. and Stortz, C.A., 2003, Fucoidans from the brown seaweed

fucoidan *Adenocystis utricularis*: extraction methods, antiviral activity and structural studies, Carbohydrate Research, 338, 153-165.

Qi, H., Liu X., Zhang J., Duan Y., Wang X. and Zhang Q., 2012, Synthesis and antihyperlipidemic activity of acetylated derivative of ulvan from *Ulva pertusa*, International Journal of Biological Macromolecules, 50, 270-272.

Qi, H.M., Zhang, Q.B., Zhao, T.T., Chen, R., Zhang, H., Niu, X.Z., Li, Z.E., 2005, Antioxidant activity of different sulfate content derivatives of polysaccharide extracted from *Ulva pertusa* (Chlorophyta) in vitro, International Journal of Biological Macromolecules, 37, 195–199.

Safer, A. M., 1999, Hepatotoxicity induced by the anti-oxidant food additive, butylated hydroxytoluene (BHT), in rats: An electron microscopical study, Histology and Histopathology, 14, 391-406.

Saito, A., Yoneda, M., Yokohama, S., Okada, M., Haneda, M. and Nakamura, K., 2006, Fucoidan prevents concanavalin A-induced liver injury through induction of endogenous IL-10 in mice, Hepatology Research, 35, 190-198.

Silva TM, Alves LG, de Queiroz KC, Santos MG, Marques CT, Chavante SF, et al., 2005, Partial characterization and anticoagulant activity of a heterofucan from the brown seaweed *Padina gymnospora*, Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 38, 523–33.

Zhang, J., Zhuang, L., Lee, Y., Abenza, J.F., Peñalva, M.A. and Xiang, X., 2010, The microtubule plus-end localization of *Aspergillus dynein* is important for dynein-early-endosome interaction but not for dynein ATPase activation, Journal of Cell Science, 123, 3596-3604.

Zhou, G.F., Sheng, W.X., Yao,W.X. and Wang C.H., 2006, Effect of low molecular lambda-carrageenan from *Chondrus ocellatus* on antitumor H-22 activity of 5-FU, Pharmacological Research, 53,129-134.

Table 1 Physicochemical of crude polysaccharide from *U.intestinalis* extracted with hydrochloric acid at 0.1N, 1N and distilled water (control) for 1, 6 and 12 h, at 25ºC

Concentration	Time	%Yield	Total sugar (g/100g)	Sulfate content (g/100g)	Protein content (g/100g)
Distilled water	1	3.06^{h}±0.02	7.37^{f}±0.70	32.13^{c}±0.06	0.27^{g}±0.02
	6	3.66^{g}±0.02	9.51^{e}±0.71	32.65^{b}±0.03	0.33^{g}±0.02
	12	4.31^{f}±0.02	12.65^{d}±0.53	33.19^{a}±0.04	0.46^{g}±0.04
0.1	1	12.31^{bc}±0.24	35.30^{ab}±0.51	23.86^{h}±0.02	1.21^{f}±0.13
	6	12.43^{ab}±0.10	35.39^{ab}±0.13	23.89^{h}±0.16	2.08^{e}±0.04
	12	12.51^{a}±0.10	35.71^{a}±0.16	24.18^{g}±0.09	2.88^{d}±0.09
1	1	12.22^{c}±0.07	33.69^{c}±0.12	25.37^{f}±0.04	4.47^{c}±0.02
	6	11.73^{d}±0.10	34.06^{bc}±0.06	25.82^{e}±0.11	5.88^{b}±0.07
	12	11.15^{e}±0.01	36.07^{a}±1.16	26.33^{d}±0.01	6.75^{a}±0.35
F-test		**	**	**	**
C.V.		1.11	2.15	0.29	4.99
LSD.		0.18	0.99	0.14	0.23

Table 2 Antioxidant activities of crude polysaccharide from *U. intestinalis* extracted with hydrochloric acid at 0.1N, 1N and distilled water (control) for 1, 6 and 12 h, at 25ºC

Concentration	Time	$DPPH^{\bullet}$ inhibition	$ABTS^{\bullet+}$ inhibition
Distilled water	1	37.36^{i}±0.14	43.70^{f}±0.54
	6	43.32^{h}±0.01	48.32^{e}±1.01
	12	45.90^{g}±0.24	50.23^{d}±0.97
0.1	1	55.77^{c}±0.01	70.46^{b}±0.62
	6	57.22^{b}±0.02	71.16^{b}±1.01
	12	63.93^{a}±0.03	73.33^{a}±0.15
1	1	52.79^{f}±0.04	66.44^{c}±1.15
	6	55.16^{d}±0.01	67.22^{c}±0.02
	12	53.33^{e}±0.14	67.601^{c}±1.72
F-test		**	**
C.V.		0.28	1.51
LSD.		0.25	1.61

อิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้งต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบด

Effect of Fluidized Bed Drying Temperature on Quality of Instant Germinated Brown Rice

เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ[1] และ เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง[1]

Cheevitsopon, E.[1] and Roonprasang, K.[1]

Abstract

The aim of this research was to investigate the effect of fluidized bed drying temperature on quality of instant germinated brown rice. The instant germinated brown rice (IGBR) process comprised three necessary operations: germination for 24 h, cooking, and drying. In drying step, the grains were dried from high moisture content to 12% d.b. by a fluidized bed dryer at air temperatures of 110, 130, and 150°C. The IGBR was rehydrated by a microwave technique for 8 min. The quality of IGBR was examined both before and after rehydration. Results indicated that increasing drying temperature significantly affected the quality of IGBR. The IGBR obtained from fluidized bed drying at 150°C had the highest values of whiteness, rehydration-ratio, and volume-increase ratio, while the value of bulk density was the lowest. When rehydrated using a microwave technique, the IGBR obtained at high drying temperature showed the decreasing hardness and stickiness.

Keywords: fluidized bed drying, temperature, instant germinated brown rice

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้งต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบด กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปประกอบด้วยสามขั้นตอนที่สำคัญคือ การงอกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง การหุงสุก และการอบแห้ง ในขั้นตอนการอบแห้ง เมล็ดข้าวได้รับการลดความชื้นจากความชื้นสูงจนถึงร้อยละ 12 ฐานแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิอากาศ 110 130 และ 150 องศาเซลเซียส ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปได้รับการคืนรูปด้วยวิธีการไมโครเวฟเป็นเวลา 8 นาที ทำการตรวจสอบคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปทั้งก่อนและหลังการคืนรูป ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งมีผลกระทบต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส มีค่าความขาว อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ อัตราส่วนการเพิ่มปริมาตรมากที่สุด แต่มีค่าความหนาแน่นรวมต่ำที่สุด เมื่อคืนรูปข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีการไมโครเวฟพบว่าข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นมีค่าความแข็งและความเหนียวลดลง

คำสำคัญ: การอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด อุณหภูมิ ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป

คำนำ

ปัจจุบันนี้ผลิตภัณฑ์ข้าวกึ่งสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ที่มีวิถีชีวิตแบบเร่งรีบ และมีเวลาน้อยในการเตรียมอาหารด้วยวิธีการเตรียมที่สะดวกรวดเร็วเพียงเติมน้ำร้อน หรือเติมน้ำและให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟ ลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคได้แก่ น้ำหนักเบาพกพาได้สะดวก และมีอายุการเก็บรักษายาวนาน นอกจากนี้ผู้บริโภคยังมีความต้องการบริโภคอาหารสุขภาพที่มีสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการที่จำเป็นต่อร่างกาย ดังนั้นข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปจึงไม่เป็นเพียงผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูป แต่ยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนการ รวมทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่าให้กับข้าวอีกด้วย

กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ 1) การทำข้าวกล้องงอก 2) การทำสุก และ 3) การทำแห้ง ในขั้นตอนการทำข้าวกล้องงอกพบว่าสารอาหารที่สำคัญในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะสารแกมมาแอมิโนบิวทิริก (γ-aminobutyric acid, GABA) หรือกาบ้า เพิ่มขึ้นมากกว่า 10 เท่า (Cheevitsopon และ Noomhorm, 2011; Cheevitsopon และคณะ, 2013) ซึ่งกาบ้ามีบทบาทสำคัญในการเป็นสารสื่อประสาทในระบบส่วนกลาง

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

[1] Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

และทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมอง จากการวิจัยที่ผ่านมามีงานวิจัยด้านการแพทย์มากมายเกี่ยวกับประโยชน์ของสารกาบ้า เมื่อร่างกายได้รับสารกาบ้าอย่างสม่ำเสมอช่วยลดความดันโลหิต ลดอาการนอนไม่หลับ รวมถึงการบริโภคข้าวกล้องงอกอย่างสม่ำเสมอช่วยป้องกันโรคหัวใจและอัลไซเมอร์ อย่างไรก็ตามในขั้นตอนของการทำแห้งข้าวกล้องงอกพบว่าอุณหภูมิอบแห้งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวกึ่งสำเร็จรูป โดยอัตราส่วนการดูดน้ำกลับเพิ่มขึ้นและระยะเวลาในการคืนรูปลดลงเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้น (Sripinyowanich และ Noomhorm, 2011) และการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดช่องว่างขนาดใหญ่ภายในเมล็ดข้าวซึ่งช่วยให้เมล็ดข้าวคืนรูปได้ง่าย (Prasert และ Suwannaporn, 2009)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป ได้แก่ ค่าความขาว อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ อัตราส่วนการเพิ่มปริมาตร ความหนาแน่นรวม และเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปหลังการคืนรูปด้วยวิธีไมโครเวฟ

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ใช้ข้าวกล้องพันธุ์ปทุมธานี 1 แช่น้ำที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และบ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ได้ตัวอย่างข้าวกล้องงอกที่บริเวณจมูกข้าวมีการงอกยาวประมาณ 0.5 ถึง 1 มิลลิเมตร นำตัวอย่างไปนึ่งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และแช่น้ำร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปนึ่งอีกครั้งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้เกิดการเจลาทิไนเซชันสมบูรณ์ สุดท้ายอบแห้งตัวอย่างด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด (Figure 1) ที่ 110 130 และ 150 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 12 ฐานแห้ง ทดสอบคุณภาพตัวอย่างหลังการอบแห้ง ได้แก่ ค่าสี (L^*, a^*, b^*) ด้วยเครื่องวัดสี (Model JC801, Color techno system Co. Ltd., Japan) คำนวณค่าความขาวด้วยสมการ $100 - \sqrt{[(100 - L^{*2}) + a^{*2} + b^{*2}]}$ ค่าความหนาแน่นรวมด้วยกระบอกตวง ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำกลับและอัตราส่วนการเพิ่มปริมาตรโดยใช้ตัวอย่างอบแห้ง 20 กรัม แช่น้ำร้อนที่ 97 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที วางให้สะเด็ดน้ำ 5 นาที แล้วชั่งน้ำหนักและวัดปริมาตรหลังการแช่น้ำร้อน สำหรับการวัดคุณภาพหลังการคืนรูปด้วยวิธีไมโครเวฟด้วยใช้ตัวอย่างอบแห้ง 30 กรัม ต่อน้ำ 120 กรัม ใส่ถ้วยพร้อมฝาปิด และวางไว้ในเครื่องไมโครเวฟกำลัง 800 วัตต์ เป็นเวลา 8 นาที แล้วจึงวัดค่าความขาว และเนื้อสัมผัสของตัวอย่างหลังการคืนรูปโดยวิธี Back extrusion (Reyes และ Jindal, 1990) ด้วยเครื่องทดสอบเนื้อสัมผัส (Model TA.XT.Plus, Stable Micro systems Ltd., UK) ทุกการทดลองทำซ้ำ 5 ครั้ง

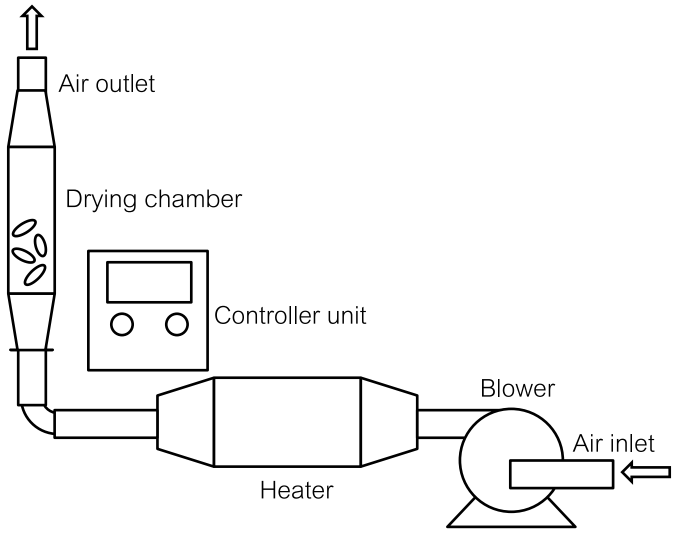


Figure 1 Schematic diagram of a fluidized bed dryer

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตัวอย่างข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปก่อนการอบแห้งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 110.59±0.72 ฐานแห้ง ทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่ 110 130 และ 150 องศาเซลเซียส ให้เหลือปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 12 ฐานแห้ง กราฟการอบแห้งแสดงใน Figure 2 ปริมาณความชื้นของตัวอย่างลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาของการอบแห้ง เมื่ออุณหภูมิของการอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้ลดระยะเวลาของการอบแห้งลง ระยะเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นจากความชื้นเริ่มต้น

จนถึงความชื้นที่ต้องการ (ร้อยละ 12 ฐานแห้ง) คือ 12 8 และ 5 นาที ที่อุณหภูมิ 110 130 และ 150 องศาเซลเซียส ตามลำดับ คุณภาพของตัวอย่างหลังอบแห้งแสดงใน Table 1 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส มีค่าความขาวมากที่สุด (49.54±0.23) อาจเป็นเพราะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดคือ 5 นาที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sripinyowanich และ Noomhorm (2011) สำหรับการอบแห้งข้าวขาวกึ่งสำเร็จรูปด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดที่ช่วงอุณหภูมิ 110 ถึง 160 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลาสั้นซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความขาวของตัวอย่างน้อย ส่วนค่าความหนาแน่นรวมของตัวอย่างมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้ความดันในเมล็ดข้าวสูงขึ้นเป็นผลให้ช่องว่างในโครงสร้างเมล็ดข้าวมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและทำให้ค่าความหนาแน่นรวมลดลง

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำกลับและอัตราส่วนการเพิ่มปริมาตรของตัวอย่างพบว่า เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้นค่าอัตราส่วนการดูดน้ำกลับและอัตราส่วนการเพิ่มปริมาตรมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส มีค่าอัตราส่วนการดูดน้ำกลับและอัตราส่วนการเพิ่มปริมาตรมากที่สุด งานวิจัยของ Prasert และ Suwannaporn (2009) และ Sripinyowanich และ Noomhorm (2011) ได้แสดงให้เห็นว่าช่องว่างในโครงสร้างเมล็ดข้าวขาวกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงมีปริมาตรมากกว่าตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ จากการที่เมล็ดข้าวมีปริมาตรเพิ่มขึ้นส่งผลให้เมล็ดข้าวมีพื้นที่ผิวสำหรับสัมผัสกับน้ำเพิ่มขึ้นด้วย เมล็ดข้าวจึงสามารถดูดน้ำกลับได้มากและรวดเร็ว

Table 2 แสดงคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูปด้วยวิธีไมโครเวฟ ตัวอย่างมีค่าความแข็งและความเหนียวลดลงตามระดับอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งและความเหนียวต่ำที่สุดเป็น 103.84±7.57 และ 20.75±2.50 นิวตัน ตามลำดับ แนวโน้มของความสัมพันธ์นี้เหมือนกับรายงานของ Sripinyowanich และ Noomhorm (2011) จาก Table 1 ได้นำเสนอค่าอัตราส่วนการดูดน้ำกลับมากที่สุดในตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เพราะฉะนั้นน้ำปริมาณมากที่อยู่ในตัวอย่างทำให้ค่าความแข็งและค่าความเหนียวลดลงด้วย

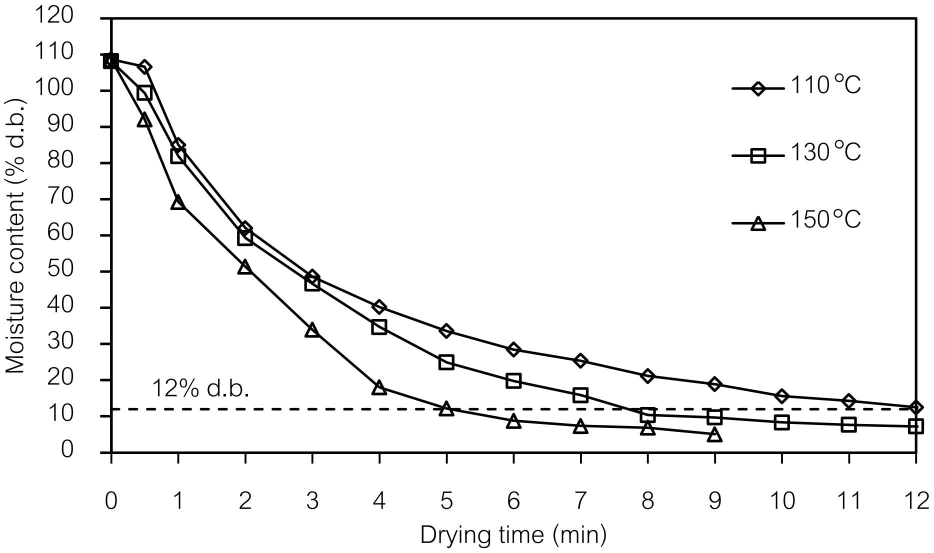


Figure 2 Drying curves of grains under various drying temperatures

Table 1 The quality of instant germinated brown rice after fluidized bed drying

Temperature (°C)	Time (min)	Whiteness	bulk density (g/cm^3)	rehydration-ratio (g/g)	volume-increase ratio (cm^3/cm^3)
110	12	48.53±0.55^b	0.52±0.01^a	1.92±0.03^b	1.21±0.04^b
130	8	49.12±0.33^a	0.51±0.01^{ab}	1.93±0.03^b	1.22±0.06^b
150	5	49.54±0.23^a	0.50±0.01^b	1.96±0.02^a	1.26±0.05^a

Different superscripted letters in the same column indicate that values are significantly different (p<0.05).

Table 2 The texture of instant germinated brown rice after rehydration using the microwave

Temperature (°C)	Whiteness	Hardness (N)	Stickiness (N)
110	47.67±0.11[ab]	181.62±11.00[a]	25.37±1.08[a]
130	48.25±0.07[a]	145.70±12.83[b]	24.14±3.31[b]
150	48.51±0.22[a]	103.84±7.57[c]	20.75±2.50[c]

Different superscripted letters in the same column indicate that values are significantly different (p<0.05).

สรุปผล

อุณหภูมิของการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป เมื่ออุณหภูมิของการอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาของอบแห้งลดลงอย่างชัดเจน และทำให้ตัวอย่างมีค่าความขาว อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ อัตราส่วนการเพิ่มปริมาตรเพิ่มขึ้น แต่ตัวอย่างมีค่าความหนาแน่นลดลง หลังจากคืนรูปข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีการไมโครเวฟพบว่าข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นมีค่าความแข็งและความเหนียวลดลง

คำขอบคุณ

ขอบคุณ น.ส.ณัฐชยา จันทร น.ส.ปารมิตา สมทบบารมี น.ส.สุทธิยา ทองถาวร และน.ส.สุภัทรา เชื้อจิ๋ว สำหรับความช่วยเหลือในด้านการทดลองให้ลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Cheevitsopon, E. and Noomhorm, A., 2011., Effects of Parboiling and Fluidized Bed Drying on the Physicochemical Properties of Germinated Brown Rice, International Journal of Food Science and Technology, 46: 2498–2504.

Cheevitsopon, E., Noomhorm, A. and Roonprasang, K., 2013, Effects of Processing Parameters on the γ-Aminobutyric Acid Content in Germinated Brown Rice, In: the 5th AUN/SEED-Net Regional Conference on Biotechnology, 23–24 Jan 2013, Bandung, Indonesia. 54.

Prasert, W. and Suwannaporn, P., 2009, Optimization of Instant Jasmine Rice Process and its Physicochemical Properties, Journal of Food Engineering, 95: 54–61.

Reyes, V.G. and Jindal, V.K., 1990, A Small Sample Back Extrusion Test for Measuring Texture of Cooked-rice, Journal of Food Quality, 13: 109–118.

Sripinyowanich, J. and Noomhorm, A., 2011, Effects of Freezing Pretreatment, Microwave-assisted Vibro-Fluidized Bed Drying and Drying Temperature on Instant Rice Production and Quality, Journal of Food Processing and Preservation, 37: 314–324.

การเอนแคปซูเลชั่นสารปรุงแต่งกลิ่นรสปูจากโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่

Encapsulation of Crab Flavor from *Ulva intestinalis* Hydrolysate

รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Tanuttawongcharoen, R.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O.[1]

Abstract

The aim of research was to develop crab flavor powder (CFP) by encapsulation techniques from seaweed *Ulva intestinalis* protein hydrolysate. The spray drying encapsulation of CFP was produced by thermal processed which the inlet temperature was varied at 140, 160 and 180°C. Results showed that CFP from 60% processed flavor, with starch as coating material and inlet temperature at 140°C served the optimum condition to produce CFP. The predominant volatile compounds of CFP were identified by dynamic headspace solid phase micro-extraction gas chromatography-mass spectrometry (DHS-SPME GC-MS). The major compounds were benzaldehyde, methoxy-phenyl-oxime, 2, 4-*bis* (1, 1-dimethylethyl) phenol and 5, 6, 7, 7a-tetrahydro-4, 4, 7a-trimethyl-2(4H)-benzofuranone. Its CFP powder had odor description of sweet, green, almond and phenol. Its morphological characteristic by scanning electron microscope (SEM) was a spherical shape and smooth granule.

Keywords: seaweed *Ulva intestinalis* protein hydrolysate, crab flavor powder, spray dryer, encapsulation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์พัฒนาสารปรุงแต่งกลิ่นรสปูให้อยู่ในรูปผง โดยนำโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ ที่ผ่านกระบวนการ thermal processed flavor จนได้สารปรุงแต่งกลิ่นรสปู นำมาผลิตให้อยู่ในรูปผง ด้วยวิธี spray drying แปรอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าเท่ากับ 140, 160 และ 180 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้แป้งข้าวเจ้า (starch) เป็นสารเคลือบใช้ปริมาณ processed flavor กลิ่นรสปูร้อยละ 60 (โดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 140 องศาเซลเซียสเป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุด สำหรับสารประกอบหลักสารปรุงแต่งกลิ่นรสปูผง วิเคราะห์โดย dynamic headspace solid phase micro-extraction gas chromatography-mass spectrometry (DHS-SPME GC-MS) พบสารระเหยหลัก ได้แก่ benzaldehyde, methoxy-phenyl-oxime, 2, 4-*bis* (1, 1-dimethylethyl) phenol และ 5, 6, 7, 7a-tetrahydro-4, 4, 7a-trimethyl-2(4H)-benzofuranone และผงปรุงแต่งกลิ่นรสปูมีกลิ่นหอมหวาน กลิ่นเขียว กลิ่นอัลมอนด์ และกลิ่นฟีนอล และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเม็ดผงที่ได้จากการส่องกล้องอิเลคตรอนแบบส่องกราด (SEM) มีการกระจายตัวมาก ลักษณะกลม ผิวเรียบ

คำสำคัญ: โปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ ผงปรุงแต่งกลิ่นรสปู การทำแห้งแบบพ่นฝอย การกักเก็บกลิ่นรส

คำนำ

ไมโครเอนแคปซูเลชั่น (microencapsulation) เป็นกระบวนการที่ของเหลวหรืออนุภาคถูกห่อหุ้มให้อยู่ในรูปของแคปซูลด้วยพอลิเมอร์ชั้นบางๆ (wall material) เกิดเป็นไมโครแคปซูลขนาดประมาณ 1-1,000 ไมครอน (Glicksman, 1983) พอลิเมอร์ที่นิยมใช้ ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า มอลโตเดกซ์ตริน กัมอารบิก ไคโตแซน เป็นต้น มีการนำวิธีนี้มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยาอย่างกว้างขวาง เพื่อช่วยเก็บรักษาคุณภาพของสารชีวภาพที่สำคัญ ป้องกันการระเหยของกลิ่นรส (flavor) หรือสารที่ใช้ปรุงแต่งหรือส่วนประกอบของอาหารจากสภาวะแวดล้อมต่างๆ ให้อยู่ในสภาพเดิมได้นานที่สุด (Gharsallaoui และคณะ, 2007) ซึ่งการเอนแคปซูเลชั่นสามารถช่วยปลดปล่อยสารอย่างช้าๆ ตามช่วงเวลาหรือตามที่ต้องการได้ และป้องกันหรือยับยั้งไม่ให้สารให้กลิ่นรสและส่วนประกอบแต่ละชนิดทำปฏิกิริยา รวมทั้งเปลี่ยนสารจากสภาพที่เป็นของเหลวให้เป็นผง มีการนำวิธีเอนแคปซูเลชั่นมาใช้กับโปรตีนไฮโดรไลเซทกลิ่นรสต่างๆ และใช้สารเคลือบต่างกัน เช่น กลิ่นเนื้อ (meat flavor) เคลือบด้วยแป้งชนิดต่างๆ (Jeon และคณะ, 2002) สารปรุงแต่งกลิ่นรสไก่เคลือบด้วยมอลโตเดกซ์ทริน (ชนิกานต์ และคณะ, 2553) และสารปรุงแต่งกลิ่นรสช็อคโกแลตเคลือบด้วยมอลโตเดกซ์ทริน (รัชฎาภรณ์ และคณะ, 2553) ซึ่งโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49, Teintalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

(รัชวรรณ และคณะ, 2555) ที่ผ่านกระบวนการ thermal processed flavor จนได้สารปรุงแต่งกลิ่นรสปู ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลว แต่การนำไปใช้และการเก็บรักษายุ่งยาก ดังนั้นจึงพัฒนาให้อยู่ในรูปผง เพื่อง่ายในการประยุกต์ใช้กับอาหาร ง่ายแก่การเก็บรักษา และสะดวกในการขนย้าย อีกทั้งพัฒนากลิ่นรสตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผงปรุงแต่งกลิ่นรสปูด้วยวิธี spray drying โดยใช้แป้งข้าวเจ้า (starch) เป็นสารเคลือบ

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ ตามวิธีของ รัชวรรณ และคณะ (2555) เพื่อเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการ thermal processed flavor โดยผสมโปรตีนไฮโดรไลเซท 15 กรัม น้ำตาลกลูโคส 2 กรัม น้ำตาลไรโบส 1 กรัม เกลือ 0.5 กรัม กรดอะมิโนอาร์จีนีน 2 กรัม และน้ำ 79.5 กรัม ให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0.5 ชั่วโมง ดัดแปลงวิธีของ Manley และคณะ (1999) นำสารละลายที่ได้ไประเหยน้ำด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่ความดัน 50 มิลลิบาร์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ได้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสปูในรูปข้นหนืด จากนั้นเติม processed flavor ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ลงในสารละลายแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 5 และเอนแคปซูเลชั่นด้วยวิธี spray dryer โดยกำหนดขนาด nozzle atomizer เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร อัตราการ feed เท่ากับ 2 มิลลิลิตรต่อนาที แปรอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าเท่ากับ 140, 160 และ 180 องศาเซลเซียส เก็บผงแห้งที่ได้ (ในที่นี้ผงแห้งที่ได้เรียกว่า crab flavor powder หรือ CFP) บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บที่อุณหภูมิห้อง นำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ดังนี้ วิเคราะห์สมบัติกายภาพ ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ปริมาณผลผลิต (%yield) การละลาย (Shin, 1996) ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphological characteristic) ด้วย scanning electron microscope (SEM) วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์องค์ประกอบสารที่ระเหยได้ด้วย dynamic headspace solid phase micro-extraction gas chromatography mass spectrometer (DHS-SPME-GC-MS) (บริษัท Agilent Technologies รุ่น 7890A MS ประเทศจีน) โดยละลาย CFP 1 กรัม ในน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร อุ่นสารตัวอย่างปริมาตร 3 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดซับไอสารระเหยด้วยไฟเบอร์ 2 cm-50/30 μm DVB/Carboxen^{TM}/PDMS StableFlex^{TM} เป็นเวลา 20 นาที นำเข้าเครื่อง GC ใช้คอลัมน์ DB-WAX (บริษัท J&W Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา)และก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพา injector อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส ให้เวลาในการชะสารระเหยออกจากไฟเบอร์เป็นเวลา 20 นาที โปรแกรมอุณหภูมิของ oven โดยเริ่มจากอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 180 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และเพิ่มอุณหภูมิจาก 180 เป็น 200 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 8 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที วิเคราะห์สารระเหยด้วยเครื่อง MSD (scan range 33-350 amu) ที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส ใช้ electron impact mode (EI Mode) ที่ภาวะเครื่อง 70 eV และแปรผลโดยเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ % quality match ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 และเทียบกับสารละลายมาตรฐานอัลเคน (C_8-C_{20} alkanes) ดังสมการ

$$RI = 100 \frac{[Rt(x) - Rt(z)]}{[Rt(z+1) - Rt(z)]} + 100z$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผงสารปรุงแต่งกลิ่นรสปู (CFP) ที่ผ่านการทำแห้งด้วย spray dryer พบว่า อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้ามีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าสี (L*, a*, b* และ hue angle) ($p \leq 0.05$) แต่ไม่อิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณผลผลิตและการละลาย ($p>0.05$) โดยค่าความสว่างและเฉดสีมีค่าลดลง แต่ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น (Table 1) ภาวะที่ใช้อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 140 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างมากที่สุด รองลงมาคือ ภาวะที่อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 160 และ 180 องศาเซลเซียส ค่าความสว่างที่ลดลงนั้น อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าที่ค่อนข้างสูง ส่งผลให้เร่งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโน (นิธิยา, 2549) ทำให้ที่อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าที่ 160 และ 180 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างน้อย ทุกภาวะของการเอนแคปซูเลชั่นสารปรุงแต่งกลิ่นรสปูทำให้ผงปรุงแต่ง CPF ที่ได้ สามารถละลายน้ำได้ดีและไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดีที่อุณหภูมิห้อง โดยมีค่าการละลายมากกว่าร้อยละ 90 (Table 1) เนื่องจากแป้งข้าวที่ใช้เป็นสารเคลือบมีขนาดเล็ก 60 ไมโครเมตร และใช้ในปริมาณน้อย อีกทั้งผ่านการให้ความร้อนทำให้เกิดเจลมาก่อน จึงทำให้ CPF สามารถละลายน้ำได้ (Salgado และคณะ, 2008) อีกทั้ง processed flavor มีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก ดังนั้น

CFP มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ เมื่อวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่า CFP จากทุกภาวะมีลักษณะของเม็ดผงกระจายตัวกัน มีรูปร่างกลมเต่ง แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าเม็ดผงมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องมาจากอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าที่เพิ่มขึ้น ทำให้น้ำระเหยออกจากตัวอย่างได้อย่างรวดเร็วและเวลาสั้น อนุภาคของกลิ่นรสที่เป็นของเหลวกลายเป็นละอองขนาดเล็ก สารเคลือบจึงห่อหุ้มอนุภาคของกลิ่นได้มาก ส่งผลให้ขนาดของผงใหญ่ขึ้น (Baines และ Knights, 2005) เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยจากทุกภาวะ พบองค์ประกอบหลักของสารให้กลิ่นรสปูที่สำคัญยังคงอยู่ คือ benzaldehyde, methoxy-phenyl-oxime, 2, 4-*bis* (1, 1-dimethylethyl) phenol และ 5, 6, 7, 7a-tetrahydro-4, 4, 7a-trimethyl-2(4H)-benzofuranone ซึ่งให้ลักษณะกลิ่นหวาน (sweet) กลิ่นเขียว (green) กลิ่นอัลมอลต์ (almond) และกลิ่นฟีนอล (phenol) โดยที่อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 140 องศาเซลเซียส มี peak area เท่ากับ 1.81, 2.53, 13.60 และ 0.53 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส มี peak area เท่ากับ 0, 3.02, 18.56 และ 0.45 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส มี peak area เท่ากับ 0, 4.27, 13.41 และ 0.41 ตามลำดับ เห็นได้ว่าอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าที่เพิ่มขึ้น ทำให้สารสำคัญของกลิ่นรสมีปริมาณลดลงหรือสูญเสียไป นอกจากนี้การสูญเสียของสารหอมระเหยยังขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ปริมาณสารในการ feed น้ำหนักโมเลกุลของสารระเหย ความดันไอของสารระเหย ชนิดและน้ำหนักโมเลกุลแป้งข้าวเจ้า ความเข้มข้นของสารระเหย ความหนืดของสารระเหย และความเร็วในการ feed ของหัวอะตอมไมเซอร์ อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าและออก ความชื้นของอากาศร้อนขาเข้า ขนาดของหัวอะตอมไมเซอร์ และอุณหภูมิในการทำแห้ง (Reineccius, 2004)

สรุปผล

ปริมาณ processed flavor กลิ่นรสปูร้อยละ 60 และอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 140 องศาเซลเซียส เป็นภาวะที่ดีในการเอนแคปซูเลชั่นสารปรุงแต่งกลิ่นรสปูด้วย spray dryer ใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบ ผงปรุงแต่งกลิ่นรสปูที่ได้มีลักษณะของเม็ดผงกระจายตัวกัน มีรูปร่างกลมเต่ง พบองค์ประกอบหลักของสารให้กลิ่นรสปูที่สำคัญ 4 ชนิด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากรเพื่อการวิจัยและพัฒนาสำหรับภาคอุตสาหกรรม (NUI-RC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น, 2552, เทคนิคการเอนแคปซูเลชั่นกลิ่นรสไก่จากโปรตีนไฮโดรไลเซท, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ): 629-632.

นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549, เคมีอาหาร, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 487.

รัชฎาภรณ์ คะประสบ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น, 2555, การเอนแคปซูเลชั่นกลิ่นรสช็อคโกแลตจากโปรตีนไฮโดรไลเซทด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(3/1)(พิเศษ): 433-436.

รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น, 2555, คุณลักษณะทางเคมีและกลิ่นรสของโปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่ที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(3/1)(พิเศษ): 465-468.

Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A. and Saurel, R., 2007, Applications of Spray-Drying in Microencapsulation of Food Ingredients: An Overview, Food Research International, 40: 1107-1121.

Glicksman, M., 1983, Food Hydrocolloids, CRC Press: Boca Raton, FL.

Jeon, Y.J., Vasanthan, T., Temelli, F. and Song, B.K., 2003, The Suitability of Barley and Corn Straches in Their Native and Chemically Modified Forms for Volatile Meat Flavor Encapsulation, Food Research Internatianal, 36(4): 349-355.

Manley, H.Ch., Choudhury, H.B. and Mazeika, P., 1999, Food Flavorings, Ashurst, R.P., 2^{nd}, An Asprn Publication, Maryland, pp. 283-323.

Reineccius, G.A., 2004, The Spray Drying of Food Flavors, Drying Technology, 22(6): 1289-1324.

Salgado, R.M., Krötzsch, E., Garza, A.S., Roman-Rojas, P.P., Cruz-Castañeda, O. and Elizondo-Vázquez, F., 2008, A Comparative Evaluation of Maltodextrin/Ascorbic Acid Vs. Standard Care for the Treatment of Venous Leg Ulcers, Wound Repair and Regeneration, (13): A4-A27.

Shin, F.F., 1996, Edible Film from Rice Protein Concentrate and Pullalan, Cereal Chemistry, 73: 406-409.

Table 1 L*, a*, b*, hue angle, %yield and water solubility (%) of crab flavor powder (CFP)

hot air inlet (°C)	L*	a*	b*	hue angle	%yield	water solubility (%)
140	63.09±0.01[a]	3.22±0.03[c]	13.75±0.06[c]	76.83±0.16[a]	15.62±0.19	96.74±1.18
160	59.94±0.37[b]	4.16±0.05[b]	14.97±0.25[b]	74.48±0.21[b]	15.53±0.25	96.77±1.07
180	57.62±0.67[c]	4.80±0.02[a]	15.80±0.13[a]	73.11±0.08[c]	15.29±0.53	96.78±1.14
F-test	*	*	*	*	ns	ns
LSD	0.88	0.05	0.34	0.35	0.81	2.55
C.V. (%)	0.70	0.57	1.09	0.23	2.49	1.26

ns mean in the same column are significant difference ($p>0.05$)

* mean the letters in the same column are significant difference ($p\leq0.05$)

[a, b, c,]…means within a column with different superscripts are significant difference ($p\leq0.05$)

Table 2 Volatile compounds of CFP used hot air inlet at 140, 160 and 180°C

Volatile compounds	RI	Peak area (×10^7)			Odor descriptions*
		140°C	160°C	180°C	
pyrazine	1237	15.07	-	-	roast, potato
methyl pyrazine	1285	51.08	63.38	41.77	popcorn
trimethylpyrazine	1421	-	22.18	46.02	roast, potato, must
tetradecane	1448	22.08	-	-	alkane
benzaldehyde	1531	1.81	-	-	almond, burnt sugar
dimethyl-2-vinylpyrazine	1550	1.47	-	3.65	pungent, herbal, potato
heptadecane	1698	1.78	-	-	alkane
methoxy-phenyl-oxime	1775	1.95	3.02	4.27	sweet, green
5-(2-propenyl)-1, 3-benzodioxole	1879	2.17	3.48	3.51	sweet
2, 4-*bis* (1,1-dimethylethyl) phenol	-	3.09	18.56	13.41	phenolic
5, 6, 7, 7a-tetrahydro-4, 4, 7a-trimethyl-2(4H)-benzofuranone	-	3.19	0.45	0.41	sweet, tea-like

Note RI = Retention indices, *http://flavournet.org/flavornet.html

การเอนแคปซูเลชั่นสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย

Encapsulation of Durian Flavoring Agent Powder by Spray Drying

กฤษณา หงษ์คู่[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1] และ อรพิน เกิดชูชื่น[1]

Hongku, K.[1], Laohakunjit, N.[1] and Kerdchoechuen, O[1]

Abstract

Durian flavoring agent powder was encapsulated from the durian flavor extract using a spray dryer and controlled at three inlet temperatures; 150, 170, and 190°C. Maltodextrin, gum arabic and rice flour were applied as wall materials. Results showed that the best condition was the use of rice flour as wall material and inlet temperature of 150°C. Its morphological characteristics were a round, smooth surface and non-adhesive granules. Volatile compounds of the spray-dried durian flavor using rice flour as wall material and inlet temperature of 150°C gave the highest retention of major compounds; ethanethiol, diethyl disulfide and 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane. Finally, spray-dried durian flavor using rice flour as wall material and inlet temperature of 150°C was applied to durian chips. It was found that the durian chips received the highest fruity odor, durian odor, durian taste and overall acceptance scores.

Keywords: durian, flavoring agent, spray dryer, durian chips

บทคัดย่อ

การเอนแคปซูเลชั่นสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer) ควบคุมอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 3 ระดับ คือ 150, 170 และ 190 องศาเซลเซียส โดยใช้มอลโตเดกซ์ตริน กัมอารบิก และแป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบ พบว่าสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบ ที่อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส เป็นภาวะที่เหมาะสม ทุเรียนผงที่ได้มีลักษณะทางสัณฐานวิทยากลม ผิวเรียบ และกระจายตัวกันมากสุด สามารถกักเก็บสารหอมระเหยของสารให้กลิ่นรสทุเรียนมากที่สุด ได้แก่ ethanethiol, diethyl disulfide และ 3,5-dimethyl-1,2,4-trithiolane เมื่อนำสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ผลิตด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบ ที่อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส ไปประยุกต์ใช้ในทุเรียนทอดกรอบ โดยเติมปริมาณร้อยละ 5 (โดยน้ำหนัก) ทำให้ทุเรียนทอดกรอบได้คะแนนด้านกลิ่นผลไม้ กลิ่นทุเรียน รสชาติทุเรียน และการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด

คำสำคัญ: ทุเรียน สารปรุงแต่งกลิ่นรส เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ทุเรียนทอดกรอบ

คำนำ

ทุเรียน (*Durio zibethinus* Murr.) เป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีกลิ่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เกิดจากสารระเหยที่ประกอบไปด้วยสารประกอบซัลเฟอร์และเอสเทอร์เป็นส่วนใหญ่ เช่น diethyltrisulfide, diethyldisulfide, dithiolane, dimethyl sulfide, 3-methyl-thiozolidine, 2-methyl butanoate, propyl-2-ethylbutanoate นอกจากนี้ยังมีสารในกลุ่มแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ และคีโตน (Laohakunjit และคณะ, 2007) ซึ่งสารให้กลิ่นเหล่านี้เกิดการเปลี่ยนแปลงและระเหยได้ง่าย มีการผลิตสารให้กลิ่นที่เหมือนสารให้กลิ่นธรรมชาติ (natural-identical flavoring substances) และกลิ่นสังเคราะห์ (artificial flavoring substances) ที่มีกลิ่นคล้ายทุเรียนเพื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีรายงานการนำทุเรียนผลสดมาผลิตเป็นสารแต่งกลิ่นรสทุเรียนธรรมชาติ แต่ยังไม่มีคุณลักษณะของกลิ่นทุเรียนที่แท้จริง มีกลิ่นไม่เหมือนกับทุเรียนผลสด และกลิ่นไม่มีความคงทน ดังนั้นจึงต้องใช้เทคโนโลยีการกักเก็บกลิ่นรสหรือเทคโนโลยีเอนแคปซูเลชัน (encapsulation) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียและการเสื่อมสภาพของสารให้กลิ่นรสจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน แสง และความร้อน รวมไปถึงการระเหยไปของตัวกลิ่นรสนั้นเองในระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีเอนแคปซูเลชันที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร คือ การอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) ที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ สามารถปกป้องสารให้กลิ่นรสได้เป็นอย่างดี และสามารถเลือกใช้สารเคลือบสารให้กลิ่นรสได้หลายชนิด (Deis, 1997) โดยเฉพาะสารเคลือบประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ มอล

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

โตเดกซ์ตริน กัมอารบิก และแป้งข้าวที่มีอะไมโลสสูง มีการใช้มอลโตเดกซ์ตรินเป็นสารเคลือบกลิ่นรสทุเรียน (Chin และคณะ, 2010) กัมอารบิกเคลือบน้ำมะม่วง (Cano-Chauca และคณะ, 2005) และแป้งข้าวเจ้าเคลือบสารให้กลิ่นรสโอลีโอเรซินหอมหัวใหญ่ (อมรรัตน์ ตั้งสกุล, 2550) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเอนแคปซูเลชั่นสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ให้มีกลิ่นเหมือนทุเรียนผลสด มีกลิ่นคงทน และอยู่ในรูปผงเพื่อสะดวกกับการใช้งาน เพื่อประยุกต์ใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในทุเรียนทอดกรอบ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารสกัดกลิ่นรสทุเรียน (core material) เนื้อทุเรียนที่ผ่านการเร่งการสุกที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน นำมาสกัดสารให้กลิ่นรสทุเรียนด้วยน้ำ ใช้อัตราส่วนเนื้อทุเรียนต่อน้ำเท่ากับ 2:1 สกัดนาน 10 นาที ได้สารสกัดกลิ่นรสทุเรียน

การเตรียมสารเคลือบ (wall material) เตรียมสารละลายมอลโตเดกซ์ตริน กัมอารบิก และแป้งข้าวเจ้า แต่ละชนิดที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เติมซอร์บิทอลร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของสารเคลือบ (Laohakunjit และ Noomhorm, 2004)

กระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย ผสมสารสกัดกลิ่นรสทุเรียนต่อสารเคลือบในอัตราส่วน 4:1 และป้อนเข้าเครื่อง spray dryer โดยกำหนดขนาด nozzle atomizer 0.5 มิลลิเมตร อัตราการ feed 5 มิลลิลิตรต่อนาที แปรอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 150, 170 และ 190 องศาเซลเซียส นำมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีกายภาพ

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีกายภาพ สารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าสี โดยใช้ค่า L^*, chroma (c*) และ hue angle (h°) ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta color reader รุ่น CR-10), ร้อยละผลผลิต (%yield), ปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (2000), ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity; a_w) ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Novasina AG รุ่น LabMaster-aw), การละลายตามวิธี Shin (1996) และวิเคราะห์สารหอมระเหยโดยใช้ dynamic headspace-solid phase microextraction gas chromatography mass spectrometer (DHS-SPME-GC-MS) (รุ่น 7890A MS, China) ไฟเบอร์ที่ใช้คือ 2cm-50/30 μm DVB/Carboxen™/PDMS StableFlex™ อุ่นสารตัวอย่างปริมาณ 5 กรัม ใน vial ขนาด 20 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นให้ไฟเบอร์ดูดซับไอสารระเหยเป็นเวลา 20 นาที และนำเข้าเครื่อง GC ที่อุณหภูมิ injector 240 องศาเซลเซียส นาน 7 นาที ด้วยวิธี splitless ใช้คอลัมน์ชนิด DB-WAX (J&W Scientific, USA) (ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 320 ไมโครเมตร หนา 0.5 ไมโครเมตร) ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา ที่อัตราไหลคงที่ 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที ตั้งโปรแกรมระบบอุณหภูมิของ oven เริ่มต้นที่ 40 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิที่อัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 200 องศาเซลเซียส และคงที่ไว้ 2 นาที วิเคราะห์สารหอมระเหยด้วยเครื่อง mass spectrometric detector (scan rage 33-350 m/z) โดยใช้ electron impact mode (EI mode) ที่ภาวะเครื่อง 70 eV อุณหภูมิ filament aux 270 องศาเซลเซียส โดยบ่งชี้คุณลักษณะของสารเทียบกับ Wiley 275 และ NIST library ที่ %quality match ร้อยละ 80

การทดสอบทางประสาทสัมผัส นำสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงจากทุกภาวะเติมในทุเรียนทอดกรอบปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ สี ลักษณะปรากฏ กลิ่น (กลิ่นหวาน กลิ่นผลไม้ กลิ่นทุเรียน กลิ่นไหม้ กลิ่นหืน และกลิ่นอับ) รสชาติ (รสหวาน รสเค็ม รสขม และรสชาติทุเรียน) เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และการยอมรับโดยรวม ใช้วิธีทดสอบแบบ qualitative descriptive analysis (QDA) ให้คะแนนแบบ 5-point scoring test โดยผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 15 คน

การวิเคราะห์ข้อมูล วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย (LSD) ของข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SAS (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีกายภาพของสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงพบว่า ชนิดของสารเคลือบและอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้ามีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าสี ปริมาณร้อยละผลผลิต ความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ การละลาย ของสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผง ($p \leq 0.05$) (Table 1) โดยสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบ ที่อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส เป็นภาวะที่ดีที่สุด ได้สารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่มีลักษณะปรากฏเป็นผงละเอียด สีเหลืองนวล มีค่า L^*=92.34, c^*=13.99 และ h°=94.60 (Table 1) จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบว่า เม็ดผงมีลักษณะกลม ผิวเรียบ และ

กระจายตัวกันมากที่สุด (Figure 1) เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีค่า glass transition temperature หรือค่า T_g (T_g = 243 องศาเซลเซียส) ที่สูงกว่ามอลโตเดกซ์ตริน (T_g = 152 องศาเซลเซียส) และกัมอารบิก (T_g = 194.5 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้ค่า T_g ของตัวอย่างก่อน feed สูงขึ้น สามารถทำแห้งได้ง่าย ได้เม็ดผงที่มีลักษณะแห้ง และกระจายตัวดี (Ozmen และ Langrish, 2002) สำหรับร้อยละผลผลิต ความชื้น การละลายน้ำ มีค่าเท่ากับร้อยละ 34.52 (โดยน้ำหนักแห้ง), 5.53, 82.16 ตามลำดับ และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เท่ากับ 0.29 (Table 1) ซึ่งจัดอยู่ในช่วงที่ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้นได้น้อยมาก และเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Fellows, 2000) อีกทั้งยังพบชนิดและปริมาณสารหอมระเหยของสารให้กลิ่นรสทุเรียนมากที่สุด (Figure 2) เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าสามารถกักสารให้กลิ่นรสไว้ภายในโมเลกุล (hydrophobic bonding) รวมทั้งเกิด polar interaction โดยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของแป้งข้าวเจ้าและสารให้กลิ่นรส (Boutboul และคณะ, 2002) ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงที่ผลิตจากเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยจากทุกภาวะเติมในทุเรียนทอดกรอบปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับทุเรียนทอดกรอบที่ไม่ได้เติมสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผง (control) พบว่าทุเรียนทอดกรอบที่เติมสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบ ใช้อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส ได้คะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุด เท่ากับ 4.80 นอกจากนี้ยังได้คะแนนด้านกลิ่นหวาน กลิ่นทุเรียน และรสชาติทุเรียนสูงที่สุด เท่ากับ 3.70, 4.70 และ 4.90 ตามลำดับ สำหรับทุเรียนทอดกรอบ (control) พบว่าได้รับคะแนนด้านกลิ่นไหม้ และกลิ่นหืนสูงที่สุด เท่ากับ 2.33 และ 3.09 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเติมสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผงลงในทุเรียนทอดกรอบสามารถปรับปรุงคุณลักษณะทางด้านกลิ่นไหม้ และกลิ่นหืนของทุเรียนทอดกรอบได้ และการยอมรับด้านรสชาติและกลิ่นดีกว่าทุเรียนทอดกรอบที่ไม่เติมสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนผง สำหรับคุณลักษณะด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นอับ รสหวาน รสเค็ม รสขม และความกรอบมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (Figure 3)

สรุปผล

การเอนแคปซูเลชั่นสารปรุงแต่งกลิ่นรสทุเรียนโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบ ที่อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส สามารถกักเก็บสารหอมระเหยที่ให้กลิ่นรสทุเรียนมากที่สุด เม็ดผงที่ได้มีลักษณะกลม ผิวเรียบ และเม็ดผงกระจายตัวกันมากสุด เมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในทุเรียนทอดกรอบทำให้ทุเรียนทอดกรอบได้คะแนนการยอมรับโดยรวมทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.–อุตสาหกรรม โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

อมรรัตน์ ตั้งสกุล, 2550, การผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสจากโอลีโอเรซินหอมหัวใหญ่ชนิดผงโดยการเอนแคปซูเลชั่น, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 109 หน้า.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., USA.

Boutboul, A.P., Giampaoli, A.F. and Ducruet, V., 2002, Influence of the Nature and Treatment of Starch on Aroma Retention, Carbohydrate Polymers, 47(1): 73-82.

Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C. and Cal-Vidal, J., 2005, Effect of the Carriers on the Microstructure of Mango Powder Obtain by Spray Drying and Its Functional Characterization, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 6: 420-428.

Chin, S., Nazimah, S.A.H., Quek, S., Mana, Y.B.C., Rahman, R.A. and Hashim, D.M., 2010, Effect of Thermal Processing and Storage Condition on the Flavour Stability of Spray-Dried Durian Powder, Food Science and Technology, 43: 856–861.

Deis, R.C., 1997, Spray-Drying-Innovative Use of an Old Process, Food Product Design, 7: 97–113.

Fellows, P., 2000, Food Processing Technology, Cambridge, England, 340 p.

Laohakunjit, N. and Noomhorm, A., 2004, Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch Film, Starch/Starke, 56: 348-356.

Laohakunjit, N., Kerdchoechuen, O, Matta, F.B., Silva, J.L., and Holmes, W.E., 2007, Postharvest survey of volatile compounds in five tropical fruits using headspace-solid phase microextraction (HS-SPME), Hort Science, 42(2): 309-314.

Ozmen, L. and Langrish, T.A.G., 2002, Comparison of Glass Transition Temperature and Sticky Point Temperature for Skim Milk Powder, Drying Technology, 20: 1177-1193.

Shin, F.F., 1996, Edible Film from Rice Protein Concentrate and Pullulan, Cereal Chemistry, 73 : 406-409.

Table1 color, %yield, moisture content, water activity and water solubility of the spray-dried durian flavor

Wall material	Inlet temperature (°C)	color L*	color c*	color h°	%yield (%dry basis)	Moisture content (%)	water activity (a_w)	water solubility (%)
maltodextrin	150	91.54±0.26[de]	17.53±0.24[a]	91.83±0.16[g]	39.24±0.36[b]	5.21±0.54[a]	0.26±0.01[b]	85.37±1.21[c]
	170	92.29±0.16[c]	15.34±0.33[c]	92.80±0.08[e]	44.40±0.38[a]	5.26±0.59[a]	0.24±0.01[bc]	87.59±1.02[b]
	190	93.20±0.13[a]	11.56±0.25[e]	94.76±0.07[c]	44.57±0.29[a]	4.61±0.23[b]	0.24±0.01[bc]	90.99±1.66[a]
gum arabic	150	91.47±0.14[e]	17.75±0.06[a]	92.45±0.25[f]	34.78±0.35[e]	5.57±0.20[a]	0.25±0.01[b]	87.26±0.43[b]
	170	91.73±0.10[de]	15.93±0.21[b]	92.31±0.06[f]	36.89±0.63[d]	3.83±0.18[c]	0.24±0.01[bc]	90.51±0.15[a]
	190	91.86±0.10[d]	15.12±0.12[c]	93.61±0.07[d]	37.14±0.31[cd]	3.76±0.48[c]	0.24±0.01[bc]	90.02±0.66[a]
rice flour	150	92.34±0.41[c]	13.99±0.13[d]	94.60±0.24[c]	34.52±1.41[e]	5.53±0.17[a]	0.29±0.02[a]	82.16±0.20[e]
	170	92.84±0.15[b]	13.88±0.11[d]	95.09±0.08[b]	37.33±0.85[cd]	3.77±0.02[c]	0.24±0.01[bc]	83.92±0.18[d]
	190	92.98±0.11[ab]	13.70±0.17[d]	95.86±0.09[a]	38.08±0.67[bc]	3.71±0.13[c]	0.23±0.02[c]	87.08±0.17[b]
F-test		*	*	*	*	*	*	*
LSD		0.34	0.34	0.24	0.34	0.58	0.02	1.40
C.V. (%)		0.22	1.31	0.15	0.22	7.00	4.75	0.93

[a, b, c,...]letters indicate significantly different ($p \leq 0.05$) according to DMRT

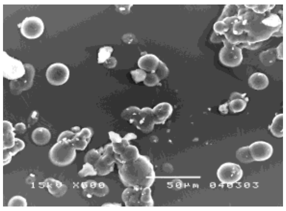


Figure 1 morphological characteristics of the spray-dried durian flavor using rice flour as wall material and inlet temperature of 150°C

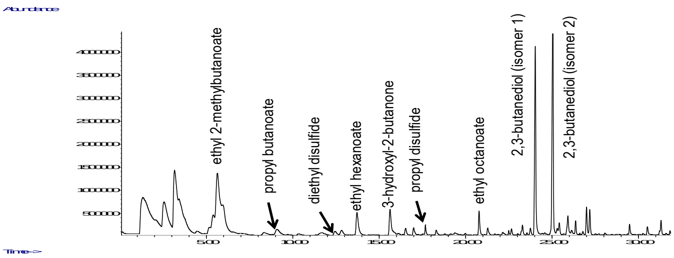


Figure 2 volatile compounds of the spray-dried durian flavor using rice flour as wall material and inlet temperature of 150°C

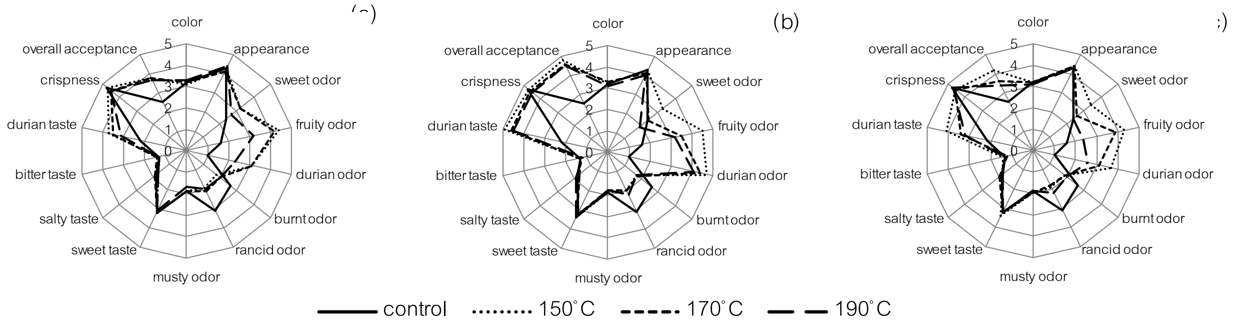


Figure 3 sensory evaluation of durian chips added with spray-dried durian flavor using (a) maltodextrin (b) gum arabic (c) rice flour as wall material and inlet temperature of 150, 170, 190°C

จลนศาสตร์การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกของน้ำยาบ้วนปากจากสารสกัดเมล็ดมะม่วง

Kinetic of Mouthwash Containing Mango Seed Kernel Extract Phenolics Change

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล[1]
Maisuthisakul, P.[1]

Abstract

Recently, increasing number of people are using mouthwashes for oral health care. This research focused on using aqueous extract of ripened seed kernel of *Mangifera indica* as mouthwash ingredient due to their biological activity of its phenolic compound. The physico-chemical properties of mouthwash containing mango seed kernel extract (MSKE) were studies. As evidenced by the limited amount of information on shelf life of mouthwash, this research also focused on kinetic of phenolics change for mouthwash containing MSKE that entail loss of quality in mouthwash containing MSKE, providing information about the degradation over time. Adding MSKE significantly affected only total phenolic content of mouthwash changing from 12.11±0.10 mg of TAE/ g for based mouthwash to 76.12±0.15 mg of TAE/ g for mouthwash containing MSKE. For the kinetic study, the samples were stored at approximately 82% RH to accelerate the reaction, at 30, 40 and 50 °C. The activation energy of the phenolic content change of the mouthwash containing MSKE was determined to be 115.9 kJ/ mol.

Keywords: kinetic, phenolics, mouthwash, mango seed kernel

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้บริโภคเริ่มหันมาใช้น้ำยาบ้วนปากเพื่อรักษาสุขภาพภายในช่องปากมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงสนใจการนำสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงด้วยน้ำ มาใช้เป็นส่วนผสมของน้ำยาบ้วนปาก เนื่องจากมีฤทธิ์ทางชีวภาพของสารประกอบฟีนอลิกที่มีในสารสกัด นอกจากนี้สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำยาบ้วนปากที่เติมสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงได้ถูกนำมาศึกษา และมีการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงฟีนอลิกในน้ำยาบ้วนปากที่มีส่วนผสมของสารสกัดเมล็ดมะม่วงด้วย เนื่องจากข้อมูลอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำยาบ้วนปากมีน้อย รวมทั้งเพื่อให้ได้ข้อมูลของการสูญสลายฟีนอลิกต่อเวลาในระหว่างการเก็บรักษา การเติมสารสกัดเมล็ดมะม่วงมีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำยาบ้วนปากอย่างมีนัยสำคัญเพียงค่าเดียวโดยเพิ่มจาก 12.11± 0.10 mg of TAE/ g สำหรับน้ำยาบ้วนปากพื้นฐาน เป็น 76.12 ± 0.15 mg of TAE/ g สำหรับน้ำยาบ้วนปากที่เติมสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง ส่วนการศึกษาจลนพลศาสตร์พบว่า ตัวอย่างที่ทำการเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 82 ที่สภาวะเร่ง ณ อุณหภูมิ 30 40 และ 50 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานกระตุ้นของการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำยาบ้วนปากที่มีสารสกัดเมล็ดมะม่วงเท่ากับ 115.8 kJ/mol

คำสำคัญ: จลนพลศาสตร์ ฟีนอลิก น้ำยาบ้วนปาก เนื้อในเมล็ดมะม่วง

Introduction

Dental caries is a very common problem that affects all age groups. It is a process in which the enamel and the dentine are demineralised by acids produced by bacterial fermentation of carbohydrates. In real life, it is the most common infectious disease affecting human beings (Barry and Thornsberry, 1985.). Mouthwashes are used for a variety of reasons: to freshen breath, to help prevent or control tooth decay, to reduce plaque (a thin film of bacteria that forms on teeth), to prevent or reduce gingivitis (an early stage of gum disease), to reduce the speed that tartar (hardened plaque) forms on the teeth, or to produce a combination of these effects. Most mouthwashes are available without a prescription. Recently, natural phenolic plant extracts are widely studied using as mouthwash ingredient due to biological activity, anti-inflammatory properties and antimicrobial activity including antioxidant activity.

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 126/1 ถนนวิภาวดีรังสิต ดินแดง ห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10400
[1] School of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, 126/1 Vipavadee Rd, Dindaeng, Huakwang, Bangkok 10400

Several studies have shown that mango seed kernels contain various phenolic compounds and can be a good source of natural antioxidants (Puravankara *et. al*., 2000; Abdalla *et. al.,* 2006). Gallotannins and condensed tannin-related polyphenols were reported to be present in mango kernels (Arogba, 1997). In addition, polyphenols from dry mango kernel meal were found to contain tannic acid, gallic acid, and epicatechin in the ratio 17:10: 1, respectively (Arogba, 2000). Mango has been reported to have high antibacterial activity against gram positive bacteria, aids the development of the placenta and fetus, and helps in the metabolic activities of teeth, the retina and skin, while preventing anemia. In addition, it also helps to tighten the capillary vessels. However, the significant increase in mango consumption in domestic activity leads to the accumulation of waste, especially its kernel. This research focused on the quality and phenolics change of mouthwash containing mango seed kernel extract.

Materials and Methods

Materials; Fresh seeds from mango (*Mangifera indica* cultivar Chok-Anan) were donated from a mango processing manufacturer in Thailand from March to June in 2012 as by-products. The material was kept in freezer at -20°C no longer than two months.

Folin Ciocalteu reagent, 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), and sodium carbonate were purchased from Sigma Chemical Co., Ltd (St. Louise, USA). The other chemicals and solvents used in this experiment were analytical grade purchased from Sigma-Aldrich Co., Ltd (Steinheim, Germany).

Extraction of mango seed kernel (MSK); The frozen ripened (80 g) was blended for 1 min with water and shaken for 4.5 hours in the dark at 25°C. The supernatant, after filtration through cheesecloth and Whatman No 4 filter paper, was evaporated under vacuum. Sample was dried in a freeze dryer and stored in aluminum foil after flushing with nitrogen at -20°C until usage.

Preparation of mouthwash containing MSK extract; The MSK mouthwash (MSKW) was formulated at 0.5% w/w in a non-alcoholic mouth rinse base formulated with demineralized water (78.37% w/w), Glycerin (10.00%), Propylene glycol (5.00%), sorbitol 70% (5.00%), Poloxamer 407 (1.00%), mentol (0.10%) and Sodium fluoride (0.26%) 24 h before testing. No preservatives or antimicrobial substances other than the flavours were added to the mouth rinses. The mouthwash without adding MSK (W) was used to compare its properties.

Determination of pH and heavy metals; Samples were taken for pH measurement by pH meter (EUTECH model CyberScan pH510, Singapore) with accuracy 0.01. The MSK mouthwash was also measured zinc (AOAC official method 990.10), copper (AOAC official method 990.10), lead (AOAC official method 986.15), arsenic (AOAC official method 986.15), fluoride (AOAC official method 993.30) and mercury (AOAC official method 983.20).

Determination of total phenolic content; The total phenolic content of extracts was determined using the Folin-Ciocalteu's phenol reagent modified from Kähkonen *et. al.* (1999). The concentration of total phenolic compounds in all plant extracts was expressed as mg of tannic acid equivalent (TAE) per g dry weight of rice grain using a linear equation. All determinations were performed in triplicate.

Determination of *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans*; Regarding to Thailand Standard for Mouthwash Products 2342-2550, *Clostridium spp*. (In house method based on BAM, 2001), *Staphylococcus aureus* (AOAC Official Method 2003.07), *Pseudomonas aeruginosa* (AOAC official method 964.02) and *Candida albicans* (AOAC official method 998.10) were also determined.

Determination of phenolics stability; All MSK mouthwashes were stored at 30, 40 and 50°C in glass container for 14 days. All samples were sampling out every 7 days by determining the total phenolic content.

Statistical analysis; Average was calculated from triplicate measurements. Statistical analysis in this study was performed using *p*-value. Significant differences were determined using Duncan's multiple comparison procedure at $p<0.05$.

Results and Discussion

Table 1 showed the properties of mouthwash containing mango seed kernel (MSK) comparing to base mouthwash. The properties of both mouthwashes were similar except total phenolic content. The mouthwash containing mango seed kernel presented higher value of phenolics than base mouthwash. The heavy metal (zinc, copper, lead, arsenic, mercury) according to Thailand Standard for Mouthwash Products 2342-2550 recommended that the total value of sum quantity of heavy metal is not much more than 20 mg/L, hence the mouthwash containing MSK is compliance to Thai regulation.

Total phenolic content were selected for kinetic study for 30, 40 and 50°C, respectively. The order of reaction was determined as zero and first order as shown in Figure 1. Values of R^2 and equations for mouthwash were presented at Table 2. During storage, the phenolic content of mouthwash containing MSK gradually decreased at a rate depending on temperature, storage. When glass bottles were used, phenolics loss (at constant storage temperature) was found to follow apparent zero-order kinetics (Eq. (1)) more than first order kinetics (Eq. (2)) for mouthwashes depicted in Fig. 1(a).

$$C = C_0 - kt \qquad (1)$$

$$C = C_0 \exp(-kt) \qquad (2)$$

where C is the total phenolic concentration (mg of TAE/ g) at time t, C_0 is the total phenolic concentration at time 0, k is the phenolics loss rate (days^{-1}), t is the storage time (days).

Phenolics loss rates as determined by Eq. (1) and (2) and the experimental data through a least square fitting procedure (together with the R^2 of the correlation) are shown in Table 2. For the determination of phenolics degradation rates all duplicate experimental data were used. The effect of storage temperature on phenolics degradation rate was described adequately by Arrhenius kinetics (Eq. (3)).

Table 1 Total phenolic content, heavy metals, pH and microorganism quantity of mouthwash

Properties	MSKW	W
Zinc (mg/L)	0.19±0.01	0.18±0.02
Copper (mg/L)	0.02±0.00	0.02±0.00
Lead (mg/mL)	Not detected	Not detected
Arsenic (mg/mL)	Not detected	Not detected
Mercury (mg/mL)	Not detected	Not detected
Fluoride (mg/mL)	7.80±0.01	7.79±0.01
pH	6.5±0.1	6.7±0.1
Clostridium spp. (CFU/mL)	Not detected	Not detected
Staphylococcus aureus (CFU/mL)	Not detected	Not detected
Psedomonas aeruginosa (CFU/mL)	Not detected	Not detected
Candida albicans (CFU/mL)	Not detected	Not detected
Total phenolic content (mg of TAE/ g)	76.12^b±0.15	12.11^a±0.10

MSKW means mouthwash containing mango seed kernel; W means mouthwash without adding mango seed kernel; Means of three replications±SD (standard deviation); ND means not determined.

$$k_T = k_{\mathrm{ref}} \exp\left[-\frac{E_A}{R}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\mathrm{ref}}}\right)\right], \qquad (3)$$

where k_T is the phenolics loss rate at a storage temperature T , k_{ref} is the phenolics loss rate at a reference temperature T_{ref} , E_A is the activation energy (J/mol), R is the gas constant (8.314 J/(mol K)) and temperatures in absolute scale (K). The activation energy was determined to be 115.9 kJ/mol (R^2 = 0:98).

Table 2 Phenolics loss rates, k (days^{-1}), of mouthwash during storage at 30, 40 and 50°C in glass bottles

Storage temperature	k (days)$^{-1}$	R^2
Zero order kinetics		
30°C	0.1134	0.7955
40°C	0.6326	0.9159
50°C	1.8142	0.9847
First order kinetics		
30°C	0.0015	0.7942
40°C	0.0087	0.9051
50°C	0.0258	0.9575

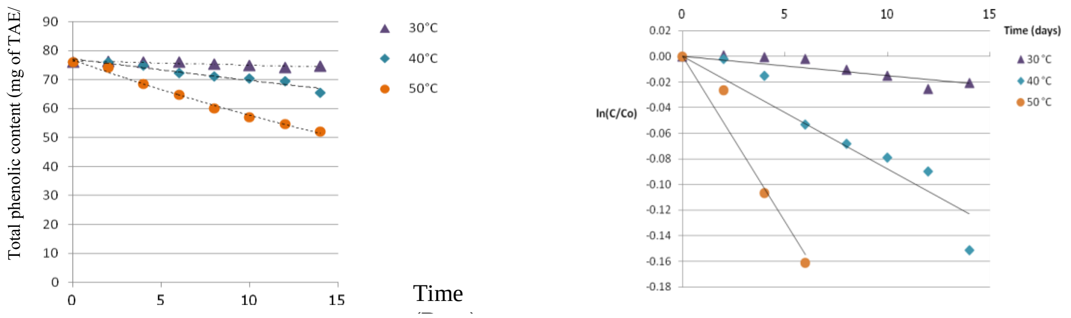


Figure 1 Degradation curves of total phenolic contents during storage at 30, 40 and 50 °C in (a) zero order and (b) first order of mouthwash containing mango seed kernel.

Summary

It can be concluded that mouthwash containing MSK showed higher phenolic content than mouthwash without MSK (about 6 times). Moreover, total phenolics of mouthwash containing MSK during storage was found to decrease following apparent zero-order kinetics slightly higher than first order kinetics.

Acknowledgements

This research was partially supported by University of the Thai Chamber of Commerce Fund.

Literature cited

Abdalla, A.E.M., Darwish, S.M., Ayad, E.H.E. and El-Hamahmy, R.M., 2006, Egyptian Mango By-Product 1. Compositional Quality of Mango Seed Kernel, Food Chemistry 103 (4): 1134-1140.

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis, 16th Edn., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC., USA.

Arogba, S.S., 1997, Physical, Chemical and Functional Properties of Nigerian Mango (*Mangifera indica*) Kernel and its Processed Flour, Journal of the Science of Food and Agriculture, 73: 321–328.

Arogba, S.S. 2000, Mango (*Mangifera indica*) Kernel: Chromatographic Analysis of the Tannin, and Stability Study of the Associated Polyphenol Oxidase Activity. Journal of Food Composition and Analysis, 13 (2): 149-156.

Barry A.L., and Thornsberry C., 1985, Susceptibility test, Diffusion Test Procedure, Journal of Clinical Pathology, 19: 492.

Kähkonen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K. and Kujala, T.S., 1999, Antioxidant Activity of Plant Extract Containing Phenolic Compounds, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 3954-3962.

Puravankara, D., Bohgra, V. and Sharma, R.S., 2000, Effect of Antioxidant Principles Isolated from Mango (*Mangifera indica* L.) Seed Kernels on Oxidative Stability of Buffalo Ghee (butter–fat), Journal of the Science of Food and Agriculture, 80: 522–526.

ประสิทธิภาพของฟิล์มประกอบต่อคุณภาพของแอปเปิลตัดแต่งสด

Effective of the Composite Films on the Quality of Fresh-cut Apples

ขนิดา ญานถวิล[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Yanthawil, K.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effectiveness of cassava and rice starch based edible films mixed with chitosan, sucrose and 2.0% (w/v) citric acid, on the quality of fresh-cut apples. Results showed that the composite films could maintain quality of fresh cut apple for 14 days by delaying deterioration or reducing the change of weight loss, color, fruit firmness, vitamin C content, and polyphenol oxidase activity. Moreover, it was also found that the addition of 2.0% citric acid into cassava and rice films mixed with chitosan and sucrose could decrease the browning reaction of the fresh cut apple wrapped with the starch film.
Keywords: edible film, browning reaction, fresh cut apple

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังและฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน น้ำตาลซูโครส และกรดซิตริคความเข้มข้น 2.0% (w/v) ต่อคุณภาพของแอปเปิลตัดแต่งสด พบว่าการใช้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังและฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน น้ำตาลซูโครส และกรดซิตริคความเข้มข้น 2% (w/v) สามารถรักษาคุณภาพแอปเปิลตัดแต่งสดได้นาน 14 วันโดยสามารถชะลอการเสื่อมสภาพ โดยลดการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณวิตามินซี และกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของแอปเปิลตัดแต่งสดได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมกรดซิตริคความเข้มข้น 2.0% (w/v) ลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซนและน้ำตาลซูโครส ทำให้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแสดงในรูปของ browning values บนฟิล์มแป้งลดลง
คำสำคัญ: ฟิล์มบริโภคได้ ปฏิกิริยาสีน้ำตาล แอปเปิลตัดแต่งสด

คำนำ

แอปเปิลตัดแต่งสด (fresh-cut หรือ minimally processed fruits) เป็นกระบวนการแปรรูปผลไม้เบื้องต้น โดยผ่านการล้าง การคัดเลือก การปอกเปลือก การตัดแต่งหรือการหั่นชิ้น เพื่อให้มีลักษณะและคุณภาพเหมือนผลไม้สดมากที่สุด สะดวกในการนำมาบริโภค (จริงแท้, 2546) การแปรรูปผลไม้สดเหล่านี้เป็นการเพิ่มมูลค่าของผลไม้สดที่ตลาดมีขยายตัวมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสนใจผลิตภัณฑ์ผลไม้ตัดแต่งเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเซลล์ของผลไม้ถูกทำลายเมื่อผลไม้ถูกแปรรูปเป็นผลไม้ตัดแต่งสด ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของผลไม้อย่างรวดเร็ว (Watada และคณะ, 1990) เช่น การสูญเสียความแน่นเนื้อ (Chonhenchob และคณะ, 2007) อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น (Watada และคณะ, 1990; Wiley, 1994) หรือเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Poubol และ Izumi, 2005) ซึ่งแนวทางในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ผลไม้ตัดแต่งสดมีหลายวิธี เช่น การควบคุมบรรยากาศ (controlled atmosphere) การใช้สารเคลือบ (coating) อย่างไรก็ตามการใช้สารเคลือบผลไม้ตัดแต่งสดด้วยวัสดุบริโภคได้เป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยปรับปรุงคุณภาพ และยืดอายุการเก็บของผลไม้ตัดแต่ง (Li และ Barth, 1998)

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารละลายแป้งมันสำปะหลังหรือแป้งข้าวเจ้าเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (แป้ง 5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร) ต้มจนแป้งสุก ให้มีลักษณะเหนียว ข้น หนืด ทิ้งไว้ให้เย็น เติมซอร์บิทอลร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ตามวิธีของ Laohakunjit และ Noomhorm (2004) แล้วนำมาผสมไคโตแซนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในอัตราส่วนแป้งต่อไคโตแซน 1:1 สำหรับการเติมน้ำตาลซูโครส ใช้ความเข้มข้นร้อยละ 10 ของน้ำหนังแป้ง ส่วนกรดซิตริคใช้ความเข้มข้น 2.0 (%w/v) ผสมให้เข้ากัน แล้วนำ

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay 25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok10150

สารละลายแป้งมันสำปะหลังหรือแป้งข้าวเจ้า เทลงบนแท่นพิมพ์พลาสติกชนิด polyethylene วางบน water bath ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง และทดสอบประสิทธิภาพของฟิล์มต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยการหยดน้ำแอปเปิล ทิ้งไว้ 30 นาที ประเมินการเกิดสีน้ำตาลบนฟิล์มแป้งเป็นค่า browning values (($\Delta L^*/L_0^*$) x 100) ตามวิธีของ Labuza และคณะ (1990) แล้วนำฟิล์มบริโภคได้มาห่อ/หุ้ม (wrapping as the thin film) แอปเปิลตัดแต่งสด เปรียบเทียบกับแอปเปิลตัดแต่งสดที่ไม่ห่อ/หุ้มด้วยฟิล์มบริโภคได้ (control) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงเป็นเวลา 14 วัน (วันที่ 0, 1, 3, 5, 9 และ 14) ได้แก่ การสูญเสียน้ำ (weight loss) การเปลี่ยนแปลงสี (color) เนื้อสัมผัส (texture) ปริมาณวิตามินซี และกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase activity)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบการเกิดสีน้ำตาล (ค่า browning value) ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังและฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมไคโตแซน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 น้ำตาลซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง และกรดซิตริคความเข้มข้น 2.0% (w/v) พบว่า น้ำแอปเปิลสดที่หยดลงบนฟิล์มประกอบแป้งมันสำปะหลังและฟิล์มแป้งข้าวเจ้า มีค่า browning values ต่ำกว่าน้ำแอปเปิลสด (control) (Figure 1) เนื่องจากกรดซิตริคที่ผสมลงในฟิล์มสามารถยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ ซึ่งกรดซิตริคมีคุณสมบัติเป็น acidulant ส่งผลให้ pH ของน้ำแอปเปิลสดลดลง ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมของการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Altunkaya และคณะ, 2008) และเมื่อนำฟิล์มมาห่อแอปเปิลตัดแต่งสดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส พบว่าแอปเปิลตัดแต่งสดที่ห่อด้วยฟิล์มมีการสูญเสียน้ำต่ำกว่าแอปเปิลที่ไม่ได้ห่อฟิล์ม (control) อย่างไรก็ตามการสูญเสียน้ำเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น การสูญเสียน้ำของแอปเปิลตัดแต่งสดเป็นผลมาจากการคายน้ำที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจ แต่ฟิล์มบริโภคได้สามารถสกัดกั้นความชื้นอยู่ภายในห่อ ทำให้แอปเปิลสูญเสียความชื้นต่ำหรือสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าแอปเปิล control (Chien และคณะ, 2007)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงสี แสดงเป็นค่า L*, a* และ b* พบว่าการใช้ฟิล์มประกอบแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของแอปเปิลตัดแต่งสดได้ ส่วนความแน่นเนื้อของแอปเปิลตัดแต่งสดที่ห่อด้วยฟิล์มแป้งทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา แต่มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าแอปเปิลที่ไม่ได้ห่อฟิล์ม (control) ซึ่งการสูญเสียน้ำเป็นผลให้ความดันเต่งภายในเซลล์ (cell turgor pressure) ลดลง และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารประกอบเพกตินที่ผนังเซลล์ในระหว่างกระบวนการเสื่อมสภาพ (senescence) เป็นเหตุทำให้ผนังเซลล์อ่อนตัวและไม่จับตัวกันแน่นเหมือนเดิม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเพกตินมีสาเหตุมาจากการสลายของสารประกอบเพกตินโดยเอนไซม์ pectinase (Seymour และ Gross, 1996) สำหรับปริมาณวิตามินซีพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แอปเปิลตัดแต่งสดมีปริมาณวิตามินซีลดลง อาจเนื่องมาจากวิตามินซีเป็นสาร antioxidant ถูกนำมาใช้ในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่งผลให้ปริมาณวิตามินซีลดลง แต่แอปเปิลตัดแต่งสดที่ห่อด้วยฟิล์มแป้งรักษาปริมาณวิตามินซีได้ดีกว่าแอปเปิลตัดแต่งสด control สำหรับกิจกรรมเอนไซม์พอลิ-ฟีนอลออกซิเดสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา ส่วนในวันที่ 3, 5, 9 และ 14 ของการเก็บรักษาแอปเปิลตัดแต่งสดที่ห่อด้วยฟิล์มแป้งทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มลดลง โดยแอปเปิลตัดแต่งสดที่ห่อด้วยฟิล์มมีกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสต่ำกว่าแอปเปิล control (Figure 2) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดสอบประสิทธิภาพของฟิล์มต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่พบว่าฟิล์มประกอบจากแป้ง 2 ชนิด และเติมกรดซิตริคสามารถยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้

สรุปผล

การใช้ฟิล์มบริโภคได้ผสมไคโตแซนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 น้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง และเติมกรดซิตริคความเข้มข้น 2.0% (w/v) สามารถรักษาคุณภาพแอปเปิลตัดแต่งสดได้นาน 14 วัน โดยลดการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี ความแน่นเนื้อ ปริมาณวิตามินซี และกิจกรรมเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของแอปเปิลตัดแต่งสดได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา และการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช, 2546, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 396 หน้า.

Altunkaya, A. and Gokmen, V., 2008, Effect of Various Inhibitors on Enzymatic Browning, Antioxidant Activity and Total Phenol Content of Fresh Lettuce (*Lactuca sativa*), Food Chemistry, 107: 1173-1179.

Chien, P.J., Sheu, F. and Yang, F.H., 2007, Effects of Edible Chitosan Coating on Quality and Shelf Life of Sliced Mango Fruit, Journal of Food Engineering, 78: 225-229.

Chonhenchob, V., Chantarasomboon, Y. and Singh, S.P., 2007, Quality Changes of Treated Fresh-cut Tropical Fruits in Rigid Modified Atmosphere Packaging Containers, Packaging Technology and Science, 20: 27-37.

Labuza T.P., Lillemo, J.H. and Taoukis, P.S., 1990, Inhibition of Polyphenol Oxidase by Proteolytic Enzymes Killer Enzymes, Symposium on the 20^{th} International Symposium International Federation of Fruit Juice Producers, Paris, France.

Laohakunjit, N. and Noomhorm, A., 2004, Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch Film, Starch/Starke, 56: 348-356.

Li, P. and Barth, M.M., 1998, Impact of Edible Coating on Nutritional and Physiological Changes in Lightly-processed Carrots, Postharvest Biology and Technology, 14: 51-60.

Poubol, J. and Izumi, H., 2005, Shelf Life and Microbial Quality of Fresh-cut Mango Cubes Stored in High CO_2 Atmospheres, Journal of Food Microbiology and Safety, 70(1): 69-74.

Seymour, G.B. and Gross, K.C., 1996, Cell Wall Disassembly and Fruit Softening, Plant Physiology and Biochemistry, 7: 45-52.

Watada, A.E., Ko, N.P. and Minott, D.A., 1990, Factors Affecting Quality of Fresh-cut Horticultural Products, Postharvest Biology and Technology, 9: 115-125.

Wiley, R.C., 1994, Minimally Processed Refrigerated Fruit and Vegetables. Chapman and Hall, Inc., New York, pp. 135-182.

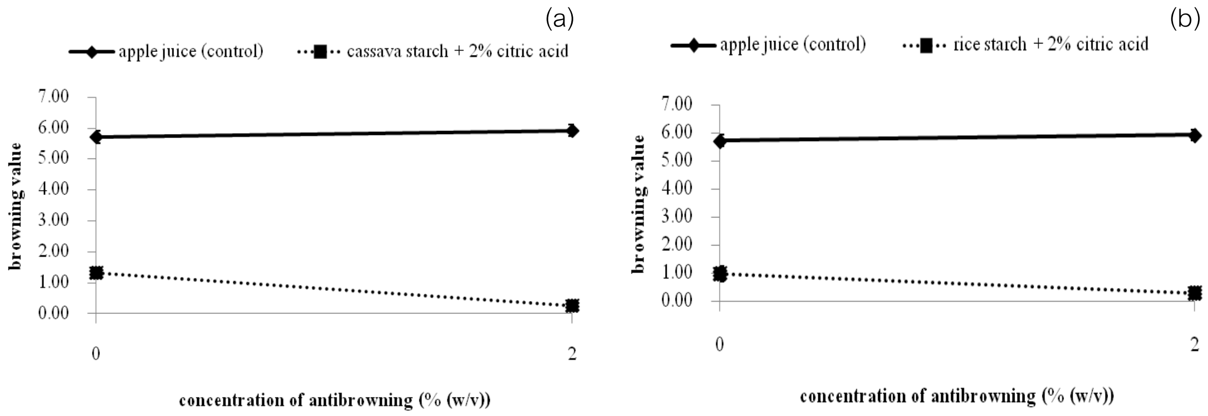


Figure 1 Browning value of fresh apple juice dropped on starch films a) cassava films mixed with chitosan, sucrose and 2.0% (w/v) citric acid and b) rice starch based edible films mixed with chitosan, sucrose and 2.0% (w/v) citric acid.

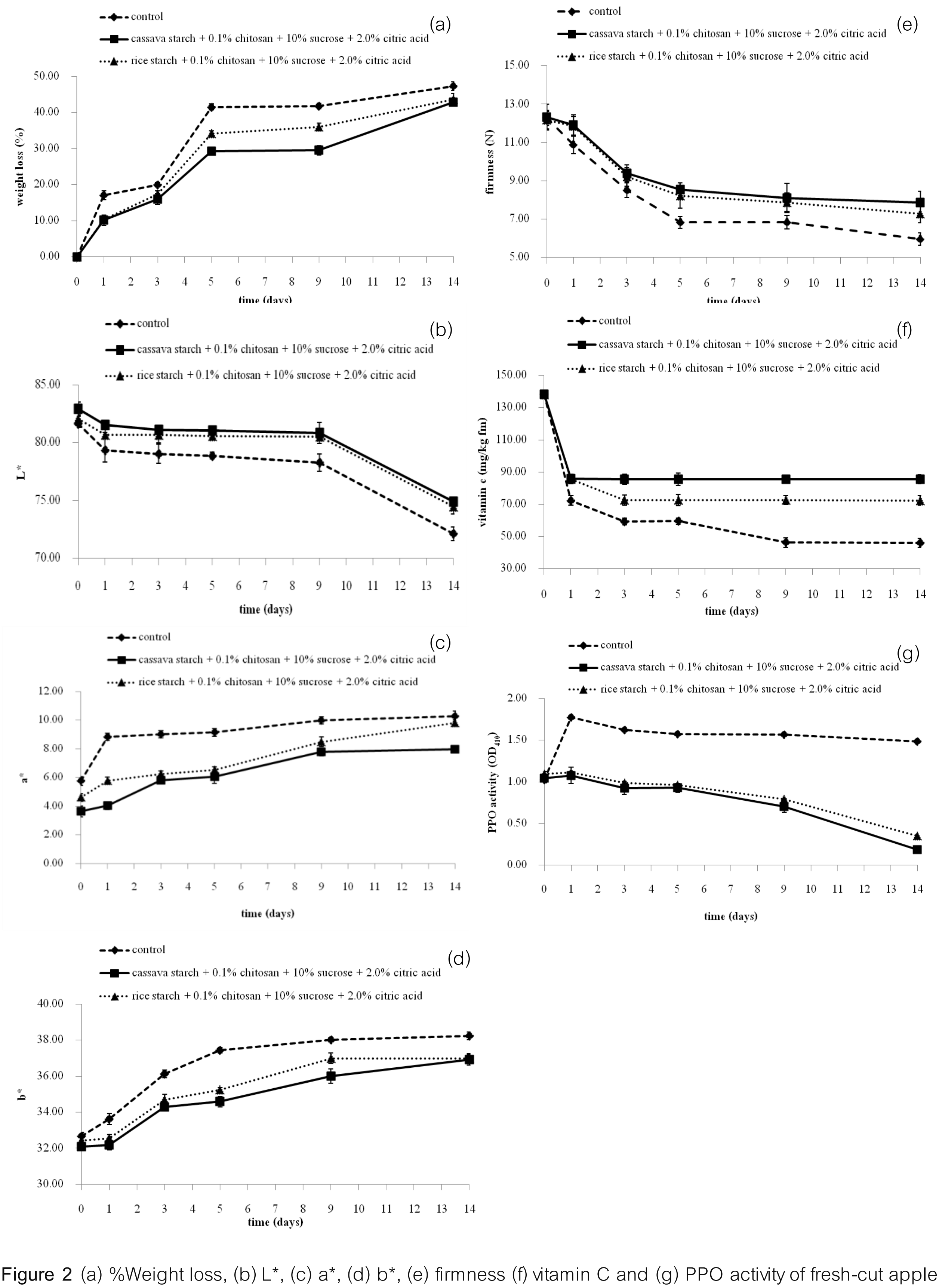


Figure 2 (a) %Weight loss, (b) L*, (c) a*, (d) b*, (e) firmness (f) vitamin C and (g) PPO activity of fresh-cut apple effected by edible coating cassava and rice films mixed with chitosan, sucrose and 2.0% (w/v) citric acid.

สารอินทรีย์คลุกเมล็ดพันธุ์ต่อความมีชีวิต และความแข็งแรงของต้นอ่อนข้าวโพด

Organic Seed Treatment Affected to Viability and Vigor of Corn Seedling

สุปราณี งามประสิทธิ์[1] กิ่งกานท์ พานิชนอก[2] ณรงค์ชัย บุญศรี[1] นพพงศ์ จุลจอหอ[1] สกล ฉายศรี[3] ยุวดี อินจันทร์[1] วราภรณ์ วงศ์พิลา[1] และ ปวีณา ทองเหลือง[1]

Ngamprasitthi, S.[1], Panichnok, K.[2] Boonsri, N.[1], jooljawhaw, N.[1], Chaisri, S.[3], Injan, Y.[1], Wongpila, W.[1] and Thongluag, P.[1]

Abstract

The objective of this experiment was to determine the effect of seed treatments with organic substances on the seed viability (or germination) and seed vigor of field-corn inbred, KS 24, at the seed laboratory of National Corn and Sorghum Research Center, Pak Chong District, Nakhon Ratchasima Province. Randomized Complete Block Design (RCBD) with 4 replications and 8 substance treatments was employed; the 8 substance treatments were ISR1 10.0 ml/kg, KPS 46 10.0 ml/kg, Worldgrow 1.0 ml/kg, Worldgrow 2.0 ml/kg, Worldgrow 5.0 ml/kg, By product of ethanol 1.0 ml/kg, Jatropha oil 5.0 ml/kg and Non-treated. The treated seeds were kept in plastic bag at room temperature (25°C ± 2°C and 70±2 %RH) for 6 months. The results of the experiment revealed that the seed germination and seed vigor declined when the field-corn seeds were stored. After 6 months, there were significant differences due the treatments on the treated seeds. The treated seeds with 5.0 ml/kg of Jatropha oil had the maximum germination of 66.0 percent. The seed treated with 2.0 ml/kg had the maximum shoot length of 4.9 centimeters; and the treated seeds with 1.0 ml/kg of Worldgrow had the maximum root length of 14.2 centimeters.

Keywords: organic, seed treatment, viability, seedling corn

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารอินทรีย์คลุกเมล็ดพันธุ์ที่มีต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของต้นอ่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สังเคราะห์ เบอร์ 24 ดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบ RCBD 4 ซ้ำ 8 สิ่งทดลอง โดยใช้สารไอเอสอาร์1 อัตรา 10.0 มิลลิลิตร, KPS 46 อัตรา 10.0 มิลลิลิตร, เวิลด์โกรว์ อัตรา 1.0 มิลลิลิตร, เวิลด์โกรว์ อัตรา 2.0 มิลลิลิตร, เวิลด์โกรว์ อัตรา 5.0 มิลลิลิตร, กากน้ำตาล อัตรา 1.0 มิลลิลิตร, น้ำมันสบู่ดำ อัตรา 5.0 มิลลิลิตร และไม่คลุกสาร เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง (25°C±2°C และความชื้นสัมพัทธ์ 70±2%) เป็นเวลา 6 เดือนพบว่าความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา และที่ 6 เดือนหลังการเก็บรักษานั้นการใช้น้ำมันสบู่ดำอัตรา 5.0 มิลลิลิตรต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัมคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ KS. 24 ให้ความงอกสูงที่สุดเฉลี่ย 66.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความแข็งแรงของเมล็ดพบว่าการใช้สารเวิลด์โกรว์อัตรา 2.0 มิลลิลิตรให้ความแข็งแรงของยอดอ่อนมากที่สุดเฉลี่ย 4.9 เซนติเมตร และเมื่อใช้สารเวิลด์โกรว์อัตรา 1.0 มิลลิลิตรให้ความแข็งแรงของรากอ่อนมากที่สุดเฉลี่ย 14.2 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: สารอินทรีย์ การคลุกเมล็ดพันธุ์ ความมีชีวิต ต้นอ่อนข้าวโพด

คำนำ

การผลิตข้าวโพดแบบระบบอินทรีย์จะเป็นการนำสารอินทรีย์ต่างๆ เข้าไปใช้ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยหรือสารควบคุมโรคและแมลง (George, 2013) และการใช้สารอินทรีย์คลุกเมล็ดก่อนนำไปปลูกในแปลงสามารถลดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมี และยังสามารถนำทรัพยากรที่มีตามธรรมชาติหรือวัสดุเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ได้ เช่น การใช้น้ำยางสบู่ดำ (Physic nut latex extract) อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัมคลุกกับเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 และเก็บเมล็ดที่อุณหภูมิห้องและห้องควบคุมอุณหภูมิพบว่าเมื่อเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้เป็นเวลา 1 เดือนให้ความงอกใกล้เคียงกับเมล็ดที่ไม่คลุกสาร (Ngamprasitthi

[1] **ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 298 หมู่ 1 ต.กลางดง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30320**

[1] National Corn and Sorghum Research Center, Kasetsart University, 298 Klang Dong, Pak Chong, Nakhon Ratchasima 30320

[2] **สถานีวิจัยเขาหินซ้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

[2] Kow Hin Son Research Station, Kasetsart University

[3] **สถานีวิจัยลพบุรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

[3] Lopburi Research Station, Kasetsart University

และคณะ, 2012) ในน้ำมันสบู่ดำประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว (palmitic และ stearic acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (oleic และ linoleic acid) สูงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมได้ (สุปราณี และคณะ, 2554) การใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์คลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแล้วเพาะเมล็ดในดินสามารถส่งเสริมความงอกของเมล็ด ความยาวรากและความสูงของต้นกล้าข้าวโพดได้ดี โดยเฉพาะสายพันธุ์ SW01/4 มีประสิทธิภาพดีที่สุด (นันทิยา และคณะ, 2550) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สารอินทรีย์ที่เป็นธาตุอาหารพืชคลุกกับเมล็ดพันธุ์แล้วเก็บรักษาต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของต้นอ่อนข้าวโพด

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเมล็ดพันธุ์ ดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สังเคราะห์เบอร์ 24 มาลดความชื้นให้เหลือ 9-10 เปอร์เซ็นต์แล้วนำสารต่างๆ คลุกกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดต่อ 1 กิโลกรัม จำนวน 8 สิ่งทดลองได้แก่ แบคทีเรียไอเอสอาร์1 อัตรา 10.0 มิลลิลิตร, KPS 46 (*Bacillus amyloliquafaciciens*) อัตรา 10.0 มิลลิลิตร, เวิลด์โกรว์ อัตรา 1.0 มิลลิลิตร, เวิลด์โกรว์ อัตรา 2.0 มิลลิลิตร, เวิลด์โกรว์ อัตรา 5 มิลลิลิตร, กากน้ำตาล อัตรา 1.0 มิลลิลิตร, น้ำมันสบู่ดำ อัตรา 5.0 มิลลิลิตร และไม่คลุกสาร บรรจุเมล็ดในถุงพลาสติกขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ความยาว 44 เซนติเมตร ความหนา 0.25 มิลลิเมตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29±2) เป็นเวลา 6 เดือน ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดทุกเดือนโดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ สุ่มเมล็ดจากแต่ละสิ่งทดลองตรวจสอบคุณภาพเมล็ดได้แก่ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (Moisture test) โดยการอบด้วยความร้อน (hot air oven method) ชั่งน้ำหนักสดของเมล็ดจำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำอบที่อุณหภูมิ 103±2°C เป็นเวลา 17±1 ชั่วโมง คำนวณหาความชื้นของเมล็ด (ISTA, 2003) ความงอก (%) เพาะเมล็ดในทราย (sand test) ซ้ำละ 100 เมล็ด 4 ซ้ำ ที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) ประเมินผลความงอกต้นกล้าที่ 7 วันหลังเพาะโดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติและเมล็ดตาย (ISTA, 2003) อัตราการเจริญเติบโตของยอดอ่อนและรากอ่อน (Shoot and Root Growth Rate) เพาะเมล็ดพันธุ์ด้วยกระดาษ 4 ซ้ำๆ ละ 20 เมล็ดในตู้เพาะที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ วัดความยาวรากและลำต้นหลังเพาะ 5 วันแล้วเฉลี่ยเป็นค่าความยาวรากและลำต้นต่อต้น (จวงจันทร์, 2529; ISTA, 2003) วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี Analysis of variance วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ พบว่าเมื่อการเก็บรักษายาวนานขึ้นความชื้นของเมล็ดพันธุ์จะเพิ่มมากขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ไม่ได้แสดงตาราง) โดยเดือนที่ 1 หลังการเก็บรักษาเมล็ดที่คลุกสารแบคทีเรียไอเอสอาร์1 10.0 มิลลิลิตร, KPS 46 (*Bacillus amyloliquafaciciens* อัตรา 10.0 มิลลิลิตร, เวิลด์โกรว์อัตรา 1.0 มิลลิลิตร, เวิลด์โกรว์อัตรา 2.0 มิลลิลิตร, เวิลด์โกรว์อัตรา 5.0 มิลลิลิตร, กากน้ำตาลอัตรา 1.0 มิลลิลิตร, น้ำมันสบู่ดำอัตรา 5.0 มิลลิลิตร และไม่คลุกสาร มีความชื้นเฉลี่ย 11.2, 10.7, 10.5, 10.6, 10.7, 11.0, 11.0 และ 11.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และที่ 6 เดือนหลังเก็บรักษาความชื้นของเมล็ดพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปจากความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 13.7, 13.4, 13.3, 13.4, 13.4, 13.0, 13.3 และ 13.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับซึ่งการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้เป็นเวลา 6 เดือนนั้นมีความชื้นเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดพันธุ์บรรจุในถุงพลาสติกในสภาพปิด (sealed storage) บรรยากาศภายในภาชนะที่เก็บจะสมดุลกับความชื้นที่เมล็ดคายออกมาจากการหายใจทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในถุงพลาสติกสูงขึ้น (Delouche, 1968) และสอดคล้องกับ Ngamprasitthi และคณะ (2010) รายงานว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่คลุกเมล็ดด้วยสารอินทรีย์จะมีความชื้นเพิ่มขึ้น 1-2 เปอร์เซ็นต์เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 เดือน

ความมีชีวิต หรือความงอกของเมล็ดพันธุ์ จากการตรวจสอบความงอกมาตรฐานในกระบะทราย (Table 1) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สังเคราะห์เบอร์ 24 ในระยะ 1-5 เดือนหลังการเก็บรักษาไม่พบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความงอก ทั้งที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยสารอินทรีย์ต่างๆ และการที่ไม่ใช้สารคลุกเมล็ดพันธุ์ โดยให้เปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ยทุกสิ่งทดลองเท่ากับ 94.7, 93.1, 91.4, 88.4 และ 83.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนในเดือนที่ 6 หลังการเก็บรักษาพบว่าการใช้น้ำมันสบู่ดำคลุกเมล็ดพันธุ์ให้ความงอกสูงที่สุดเฉลี่ย 66 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่ไม่คลุกสารมีความงอก 13.2 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันสบู่ดำเป็นสารที่มีประโยชน์สามารถนำมาใช้คลุกเมล็ดพันธุ์และเก็บรักษาได้

เช่นเดียวกับ สุปราณี และคณะ (2551) พบว่าการใช้น้ำยางสบู่ดำเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 เก็บรักษาไว้นาน 6 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (25±2°C) มีความงอก 73.7 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เมล็ดที่ไม่คลุกสารมีความงอกต่ำเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ แต่จากการทดลองครั้งนี้ในเดือนที่ 6 หลังเก็บรักษาพบว่าเมล็ดพันธุ์จากทุกสิ่งทดลองนั้นมีความงอกต่ำกว่ามาตรฐานเมล็ดพันธุ์

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ จากการคลุกเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สังเคราะห์เบอร์ 24 ด้วยสารอินทรีย์ต่างๆ (Table 2) พบว่าความยาวของยอดและรากของต้นอ่อนมีความแตกต่างกันทางสถิติ พบค่าความแตกต่างทั้ง 6 เดือนหลังเก็บรักษา และการใช้สารอินทรีย์คลุกเมล็ดทำให้เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงสูงมากกว่าเมล็ดที่ไม่คลุกสาร โดยในเดือนที่ 6 จากการเก็บรักษาการใช้สารเวิลด์โกรว์ อัตรา 2.0 มิลลิลิตรให้ความแข็งแรงของยอดอ่อนมากที่สุดเฉลี่ย 4.9 เซนติเมตรและสารเวิลด์โกรว์อัตรา 1.0 มิลลิลิตรให้ความแข็งแรงของรากอ่อนมากที่สุดเฉลี่ย 14.2 เซนติเมตร ส่วนเมล็ดที่ไม่คลุกสารมีค่าเฉลี่ยความยาวยอดอ่อนเท่ากับ 2.7 เซนติเมตร และความยาวรากอ่อนเท่ากับ 10.8 เซนติเมตรตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในสารเวิลด์โกรว์มีธาตุอาหารเสริมพืชสกัดจากสมุนไพรที่ออกฤทธิ์ทาชีวภาพ ช่วยกระตุ้นเซลล์พืชทำให้พืชแข็งแรงเจริญเติบโตได้ดี และสอดคล้องกับการใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์คลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแล้วเพาะเมล็ดในดินสามารถส่งเสริมความงอกของเมล็ด ความยาวรากและความสูงของต้นกล้าข้าวโพดได้ดี โดยเฉพาะสายพันธุ์ SW01/4 มีประสิทธิภาพดีที่สุด (นันทิยา และคณะ, 2550)

สรุปผล

การใช้สารอินทรีย์คลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สังเคราะห์เบอร์ 24 ทำให้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสูงขึ้นประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน ที่สภาพอุณหภูมิห้อง เมล็ดพันธุ์เสื่อมความงอกเมื่อเก็บรักษาแต่จากการทดลองครั้งนี้ ความงอกของเมล็ดพันธุ์จะค่อยๆ ลดลงจากเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 5 แต่ในเดือนที่ 6 หลังเก็บรักษาพบว่าเมล็ดพันธุ์จากทุกสิ่งทดลองนั้นมีความงอกต่ำกว่ามาตรฐานเมล็ดพันธุ์ และการใช้สารอินทรีย์คลุก เมล็ดพันธุ์ให้ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สูงกว่าการไม่ใช้สารคลุกเมล็ดพันธุ์โดยที่การใช้สารเวิลด์โกรว์อัตรา 2.0 มิลลิลิตรให้ความแข็งแรงของยอดอ่อนมากที่สุดเฉลี่ย 4.9 เซนติเมตรและเมื่อใช้สารเวิลด์โกรว์อัตรา 1.0 มิลลิลิตรให้ความแข็งแรงของรากอ่อนมากที่สุดเฉลี่ย 14.2 เซนติเมตร ดังนั้นสามารถใช้สารอินทรีย์คลุกเมล็ดพันธุ์ได้โดยไม่เกิดความเสียหายต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และช่วยเร่งการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวโพดได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัย และพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.มก.) ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัยประจำปี 2556 ดร. สรรเสริญ จำปาทอง อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เบอร์ 24 (KS. 24) และอาจารย์สุขุม โชติช่วงมณีรัตน์

เอกสารอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529, การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์, ภาควิชาพืชไร่นา กรุงเทพฯ, 194 หน้า

นันทิยา เตชะตี ณัฐธิญา เบือนสันเทียะ สุพจน์ กาเซ็ม ประชุม จุฑาวรรธนะ และสุดฤดี ประเทือง, 2550, ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อการควบคุมโรคใบขีดของข้าวโพด, รายงานการประชุมวิชาการสาขาพืชของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, กรุงเทพฯ, หน้า 621-630.

สุปราณี งามประสิทธิ์ สุนันทา จันทกูล อิสรา สุขสถาน สุเทวี ศุขปราการ และสมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2554, ผลของอุณหภูมิ ภาชนะบรรจุ และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อความมีชีวิตและองค์ประกอบน้ำมันของเมล็ดพันธุ์สบู่ดำ, วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 29 (2): 79-89.

สุปราณี งามประสิทธิ์ สุพจน์ กาเซ็ม ฉัตรพงศ์ บาลลา สุรพล เช้าฉ้อง แอนนา สายมณีรัตน์ สดใส ช่างสลัก กิ่งกานต์ พานิชนอก และณกัญภัทร จินดา, 2555, ผลของสารเคมีและสารอินทรีย์คลุกเมล็ดในการเก็บรักษาต่อความงอกของเมล็ดข้าวโพด, รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 3, 14-16 พฤษภาคม 2551 ณ โรงแรมอิมพีเรียล ภูแก้วฮิลล์รีสอร์ท เขาค้อ, จ.เพชรบูรณ์, หน้า 300-307.

Delouche, J.C., 1968, Seed Maturation, Proc. Short. Course. for seeds men. 18: 25-34.

George, K., 2013, Organic Field Corn Production. [Online], Available. https://attra.ncat.org/attra-pub/summaries/summary.php?pub=90 [May 16, 2013]

ISTA., 2003, The International Seed Testing Association (ISTA 2003), International Rules for Seed Testing, Edition 2003, Bassersdorf, CH-Switzerland.

Ngamprasitthi, S., Kasem, S., Balla, C., Chowchong, S., Injan, Y., Wongpila, W., Thongluang, P. and Panitnokt, K. 2010, Field Corn Seed Quality as Affected by Organic Seed Treatment and Storage Conditions, Proceedings of the 4th Workshop of Corn and Sorghum Research Project of Kasetsart University,: Corn and Sorghum Yield Increasing to Improve the Quality of Life and Environmental Sustainability, Bangkok, Thailand, P. 222-233.

Ngamprasitthi, S., Oumsamniang, Y., Wongpila, W., Thongluang, P., Panitnok K. and Chaisri, S., 2012, Effect of Seed Coating on Seed Germination and Storage of The Single-Cross Sweet Corn Hybrid, Proc. of 2nd USM-PSU International Conference on Arts and Sciences 2012 (ICAS 2012), Transforming Research for Sustainable Community, December 2-4, 2012, PARKROYAL Hotel Penang, Malaysia, p. 483-400.

Table 1 Effect of various organic substances seed treatment on the percentage of germination (sand test) of field corn, Kasetsart synthetic 24

Treatment (Substances)	Germination (%)					
	month					
	March	April	May	June	July	August
ISR 1 10.0 ml/kg seed	92.5	95.0	91.5	88.0	84.5	3.0 f
KPS 46 10.0 ml/kg seed	94.7	94.2	90.0	88.0	85.2	5.0 e
World grow 1.0 ml/kg seed	95.0	93.2	92.2	86.0	82.0	10.2 c
World grow 2.0 ml/kg seed	96.7	93.2	93.7	88.5	85.0	10.7 e
World grow 5.0 ml/kg seed	94.2	93.0	91.2	89.5	82.5	4.2 c
By product of ethanol 1.0 ml/kg seed	94.2	92.2	91.5	92.0	85.2	9.0 d
Jatropha oil 5.0 ml/kg seed	94.2	94.5	90.5	85.0	85.2	66.0 a
Non treat (Control)	93.2	89.2	90.5	90.5	80.2	13.2 b
Mean	94.7	93.0	91.4	88.4	83.7	15.2
C.V. (%)	2.90	2.70	2.03	6.27	4.54	4.16
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**
LSD 0.05	-		-	-	-	0.92
LSD 0.01	-		-	-	-	1.26

Means within column followed by a different letter(s) indicate significant difference by LSD at $P \leq 0.05$

Table 2 Effect of various organic substance seed treatment on shoot and root length of field corn, Kasetsart synthetic 24

Treatment (Substances) ml/kg seed	Length (cm)											
	March		April		May		June		July		August	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
ISR 1 10.0	5.3 b	17.0 bc	5.2 b	16.3 b	5.0b	16.3 bc	5.0 b	16.5 ab	4.7 c	13.0 b	3.0 b	2.1 b-d
KPS 46 10.0	5.3 b	18.2 ab	5.2 b	17.6 ab	5.1b	17.5 ab	5.1b	17.4a	4.7 c	14.0 ab	3.7 ab	12.2 b-d
World grow 1.0	5.5 b	17.5 ab	5.1bc	16.9 ab	4.9 bc	16.7 ab	4.9 bc	16.5 ab	4.6 c	13.6 ab	3.7ab	14.2 a
World grow 2.0	6.3 b	18.5 a	5.5 bc	17-7 a	5.2 b	17.6 a	5.6 a	17.8 a	5.0 bc	14.5 a	4.9 a	13.6 ab
World grow 5.0	5.9 a	15.2 d	5.4 b	14.6 c	5.6 a	15.3 cd	5.8 a	15.4 bc	5.2 a-c	14.1 ab	3.2 b	11.4 cd
By product of ethanol 1.0	6.3 a	18.4 a	6.0 a	17.7 a	5.8 a	17.2 ab	5.8 a	17.3 a	5.7a	14.2 ab	2.6 b	11.8 b-d
Jatropha oil 5.0	6.0 a	17.5 ab	5.9 a	16.9 ab	5.8 a	16.9 ab	4.7 c	16.8 a	5.6 ab	14.2 ad	3.3 b	13.1 a-c
Non treat (Control)	5.2 b	15.9 cd	4.9c	15.0 c	4.7 c	14.8 d	4.7 c	15.1 c	4.7 c	11.7c	2.7 b	10.8 d
Mean	5.6	17.3	5.4	16.6	5.3	16.5	5.3	16.6	5.9	13.7	3.3	12.4
C.V. (%)	5.13	5.09	3.55	5.14	3.53	5.14	3.53	5.32	8.53	5.99	2.62	10.68
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	*
LSD 0.05	0.42	1.29	0.28	1.25	0.27	1.25	1.25	1.29	0.63	1.20	1.30	1.95
LSD 0.01	0.14	0.44	0.39	1.70	0.37	1.78	1.78	1.76	0,86	1.63	-	-

Means within column followed by a different letter(s) indicate significant difference by LSD at $P \leq 0.05$

สภาวะในการแช่และการนึ่งต่อสีข้าวนึ่งพันธุ์ กข 41

Colour of 'RD 41' Parboiled Rice as Affected by Soaking and Steaming Conditions

นิภาดา ราญมีชัย[1] พนิดา บุญฤทธิ์ธงชัย[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1] และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1]

Ranmeechai, N.[1], Boonyaritthongchai, P.[1], Uthairatanakij, A.[1] and Photchanachai, S.[1]

Abstract

The colour of parboiled rice is affected by paddy quality and processing method e.g. soaking, steaming and drying conditions. An appropriate parboiled rice process to obtain the golden colour for 'RD 41' with the amylose content of 28-29% was investigated. In process 1 (P1), 2 (P2) and 3 (P3), the paddy was soaked at 65°C for 4 h and subsequently steamed at 34.47 kPa for 5 min (P1) or 10 min (P3) or 13.79 kPa for 10 min (P2). In process 4 (P4), the paddy was soaked at 80°C for 1 h and then steamed at 34.47 kPa for 2 min. In process 5 (P5) and 6 (P6), the paddy was soaked at 80°C for 1 h and then steamed at 13.79 kPa for 5 (P5) or 10 min (P6). The paddy from all processes was dried to 12-14% moisture content. The non-processed paddy was used as a control (P7). These processes (P1-P6) revealed relatively high chalkiness of grains, and yellowish parboiled milled rice. However, P3 (soaking at 65°C for 4 h, steaming at 34.47 kPa for 10 min) was the best process as it enhanced yellow, indicated by b* (16.71) values, but reduced chalky grains. Regarding these results, further experiments are necessary to improve colour and reduce chalkiness. And, the P3 is the most promising process for further improvement.

Keywords: parboiled rice, colour, soaking, steaming

บทคัดย่อ

คุณภาพของข้าวเปลือก และกระบวนการผลิต เช่น การแช่ การนึ่ง และการอบแห้งมีผลต่อการเกิดสีของข้าวนึ่ง การทดสอบเพื่อหากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตข้าวนึ่งให้มีสีเหลืองทอง โดยใช้ข้าวพันธุ์ กข 41 ที่มีปริมาณอะไมโลส 28-29 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการผลิตมีดังนี้ กระบวนการที่ 1 (P1), 2 (P2) และ 3 (P3) คือ แช่ข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง นึ่งที่ความดัน 34.47 kPa เป็นเวลา 5 นาที (P1), 10 นาที (P3) และ 13.79 kPa เป็นเวลา 10 นาที (P2) กระบวนการที่ 4 (P4) คือ แช่ข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง นึ่งที่ความดัน 34.47 kPa เป็นเวลา 2 นาที ส่วนกระบวนการที่ 5 (P5) และ 6 (P6) นึ่งที่ความดัน 13.79 kPa เป็นเวลา 5 (P5) และ 10 นาที (P6) หลังจากนั้นนำข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการทั้งหมดมาอบแห้งจนมีความชื้น 12-14 เปอร์เซ็นต์ สำหรับชุดควบคุม (P7) คือ ข้าวเปลือกขัดสีโดยไม่ผ่านกระบวนการ ผลการทดลองพบว่า ข้าวนึ่งที่ได้จากกระบวนการทั้งหมด (P1-P6) มีปริมาณข้าวท้องไข่ค่อนข้างสูง และสีเหลืองอ่อน อย่างไรก็ตาม P3 (แช่ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นึ่งที่ 34.47 kPa เป็นเวลา 10 นาที) เป็นกระบวนการที่ดีที่สุด ที่ทำให้ข้าวนึ่งมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น (b* = 16.71) มีปริมาณข้าวท้องไข่น้อย จากผลการทดลองนี้พบว่ายังมีความจำเป็นต้องทำการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงค่าสี และลดปริมาณข้าวท้องไข่ ทั้งนี้ P3 เป็นกระบวนการที่มีแนวโน้มดีที่สุดสำหรับนำมาใช้ประกอบการปรับปรุงการผลิต

คำสำคัญ: ข้าวนึ่ง ค่าสี การแช่ การนึ่ง

คำนำ

ข้าวนึ่ง (Parboiled rice) สีเหลืองทองเป็นที่นิยมของผู้บริโภคในแถบทวีปแอฟริกาซึ่งเป็นตลาดสำคัญของไทย แต่กระบวนการผลิตข้าวนึ่งให้มีสีตามความต้องการนั้นมีข้อจำกัด เนื่องจากมีปัจจัยเกี่ยวข้องตั้งแต่ คุณภาพข้าวเปลือกและกระบวนการผลิต คือ การแช่ข้าวเปลือก (Soaking) การนึ่ง (Steaming) และการอบแห้ง (Drying) (อรอนงค์, 2547) เช่น การ

---

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] Postharvest Technology Programme, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Soi Tientalay 25, Bangkuntein-Chaytale Rd, Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

แช่ข้าวเปลือกพันธุ์ กข 41 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง 30 นาที (สุปราณี, 2554) ทำให้สีเหลือง (ค่า b*) ของข้าวนึ่งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ สาคร (2548) รายงานว่าการแช่ข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ทำให้ข้าวนึ่งมีสีเหลืองขึ้น ซึ่งแตกต่างจากข้าวเปลือกพันธุ์ IR 20 ที่แช่น้ำอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง (Bhattacharya, 1996) สำหรับการนึ่ง มีรายงานว่าข้าวเปลือกพันธุ์ กข 41 ที่แช่น้ำแล้วนำมานึ่งที่ความดัน 2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (สุปราณี, 2554) หรือการนึ่งข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ความดัน 5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (สาคร, 2548) เป็นเวลา 5 นาที ทำให้มีค่า b* เพิ่มขึ้น แต่แตกต่างจากพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ต้องนึ่งที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (น้ำฝน และอรอนงค์, 2546) ส่วนการนึ่งข้าว เปลือกพันธุ์ IR 20 ที่ 101.3–303.9 kPa เป็นเวลา 60 นาที ทำให้สีเหลือง (*b*-value) เพิ่มขึ้น (Bhattacharya, 1996) นอกจากนี้ การอบแห้งซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการผลิตข้าวนึ่งมีรายงานว่า การอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 65 และ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งมีอัตราการลดความชื้นช้าทำให้ข้าวนึ่งมีสีเหลืองเข้มกว่าการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส (น้ำฝน และอรอนงค์, 2546)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการแช่และการนึ่งโดยประยุกต์ผลการทดลองของสุปราณี (2554) และสาคร (2548) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของข้าวนึ่งพันธุ์ กข 41

อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้าวเปลือกพันธุ์ กข 41 ซื้อจากอำเภอไผ่หูช้าง จังหวัดนครปฐม มาทำความสะอาด จากนั้นนำข้าวเปลือกจำนวน 1 กิโลกรัมต่อซ้ำ (4 ซ้ำ) มาผลิตข้าวนึ่งตามกระบวนการนึ่ง (P) ดังต่อไปนี้คือ P1), P2) และ P3) แช่ข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสนาน 4 ชั่วโมง แล้วนึ่งที่ความดัน 34.47 kPa เป็นเวลา 5 (P1), 10 นาที (P3) และ P2) นึ่งที่ความดัน 13.79 kPa เป็นเวลา 10 นาที ส่วนกระบวนการ P4), P5) และ P6) แช่ข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง โดย P4) นึ่งที่ความดัน 34.47 kPa เป็นเวลา 2 นาที, 13.79 kPa เป็นเวลา 5 (P5) และ 10 นาที (P6) นำข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการทั้งหมดข้างต้นมาอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน (ความชื้นของข้าวนึ่ง 12-14 เปอร์เซ็นต์) โดยมีข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านกระบวนการนึ่งเป็นชุดควบคุม (P7) นำข้าวทุกกระบวนการมากะเทาะเปลือกและขัดสีเพื่อทดสอบ เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวด้วยเครื่องคัดแยก SATAKE TRG-05A ที่มีความเอียงของการหมุน 30 องศา นาน 90 วินาที เปอร์เซ็นต์ข้าวท้องไข่ โดยการนำต้นข้าวของข้าวสารมาจำนวน 100 เมล็ดแยกจำนวนข้าวที่เป็นข้าวท้องไข่ โดยใช้แสงไฟส่องแล้วเลือกเฉพาะเมล็ดที่มีจุดขุ่นทึบแสงเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป นำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ข้าวท้องไข่ และวัดค่าสีของต้นข้าว ตามระบบ CIE ด้วยเครื่องวัดสีรุ่น Minolta Model DP-301 นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) ด้วยโปรแกรม SAS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least significant different (LSD)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้าวนึ่งจากกระบวนการ P3 มีปริมาณต้นข้าว 62.29 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1a) ค่าความสว่าง (L*) 55.02 (Figure 1c) และมีสีเหลือง (b*) 16.71 สูงที่สุด (Figure 1d) แต่มีปริมาณข้าวท้องไข่น้อยที่สุดเท่ากับ 9.00 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1b) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวนึ่งที่ได้จากกระบวนการอื่น สีเหลืองในข้าวนึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นหลัก โดยปฏิกิริยาเกิดขึ้นทุกขั้นตอนของกระบวนการทำข้าวนึ่ง แต่ขั้นตอนการแช่ข้าวเปลือกมีบทบาทสำคัญกว่าขั้นตอนอื่นๆ เนื่องจากในระหว่างการแช่ แป้งจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลสได้เป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2556) การแช่ข้าวเปลือกที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำเป็นเวลาที่เหมาะสมจะทำให้มีน้ำตาลเกิดขึ้นมาก ดังนั้น การแช่น้ำที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (P1-P3) จึงส่งเสริมการเกิดสีเหลืองได้ดีกว่าการแช่ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (P4-P6) Luh, (1991) พบว่าการแช่ข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมงทำให้ข้าวนึ่งมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น และมีค่าสีเหลืองมากกว่าการแช่ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาสั้น เนื่องจากที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเอนไซม์อะไมเลสเสื่อมสภาพ (denaturation) ทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลได้ (Teller, 2003) เช่นเดียวกับผลการทดลองของสาคร (2548) รายงานว่าการแช่ข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมงทำให้ข้าวนึ่งมีสีเหลืองมากกว่าการแช่ที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ดังนั้น เมื่อแช่ข้าวเปลือกที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำมานึ่งที่ความดัน 34.47 kPa นาน 10 นาที (P3) จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ดีกว่าการนึ่งในระยะที่สั้นกว่า (P1 และ P2) กระบวนการ P3 ทำให้ข้าวนึ่งมีปริมาณต้นข้าวสูง และข้าวท้องไข่น้อย น่าจะมีสาเหตุจากการเกิดกระบวนการเจลาติไนซ์ (gelatinization) สมบูรณ์กว่า เพราะเมล็ดข้าวดูดน้ำได้ทั่วทั้งเมล็ด ทั้งนี้สุปราณี (2554) รายงานว่า

ข้าวเปลือกพันธุ์ กข 41 แช่น้ำที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส อัตราการดูดน้ำเริ่มเข้าสู่สมดุลตั้งแต่ชั่วโมงที่ 4 และมีค่าคงที่เมื่อเวลา 6 ชั่วโมง แต่เมล็ดข้าวเริ่มปริแตกออก ดังนั้น ระยะเวลาในการแช่ 4 ชั่งโมง เมล็ดข้าวน่าจะดูดน้ำจนอิ่มตัวและเพียงพอในการเกิดเจลของเม็ดแป้งได้ดีในกระบวนการนึ่ง เป็นเหตุให้เมล็ดข้าวที่ผ่านการนึ่งมีปริมาณต้นข้าวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การนึ่งด้วยความดัน 34.47 kPa นาน 5 นาที ทำให้แป้งภายในเมล็ดเกิดการสุกและขยายตัวจับเป็นเนื้อเดียวกันข้าวนึ่งที่ได้จึงมีลักษณะใส ส่งผลให้ปริมาณข้าวท้องไข่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสาคร (2548) พบว่าการแช่ข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง นึ่งด้วยความดัน 5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (34.47 kPa) เป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณต้นข้าวสูง และมีปริมาณข้าวท้องไข่น้อย

สรุปผล

จากการทดลองพบว่า การแช่ข้าวเปลือกพันธุ์ กข 41 ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง นึ่งด้วยความดัน 34.47 kPa เป็นเวลา 10 นาที (P3) เป็นกระบวนภารที่ดีกว่ากระบวนการอื่นอีก 5 กระบวน อย่างไรก็ตาม ควรมีงานวิจัยเพิ่มเติม เพื่อให้ข้าวนึ่งมีสีเหลืองมากขึ้น และมีปริมาณข้าวท้องไข่ลดลง

เอกสารอ้างอิง

น้ำฝน ศีตะจิตต์ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2546, กระบวนการผลิตข้าวเปลือกนึ่งระดับห้องปฏิบัติการ, น. 36-44, ใน การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพ ฯ.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2556, Maillard reaction/ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด, [Online], Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0397/maillard-reaction-ปฏิกิริยาเมลลาร์ด [18 ธันวาคม 2556].

สาคร นันทะวิชัย, 2548, ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและคุณภาพของข้าวนึ่งพันธุ์สุพรรณบุรี 1, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 166 หน้า.

สุปราณี แก้ววิหาร, 2554, การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวนึ่งเพื่อการส่งออก, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 102 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 366 หน้า.

Bhattacharya, S., 1996, Kinetics on Colour Changes in Rice due to Parboiling, Journal of Food Engineering, 29: 99-106.

Luh, B.S., 1991, Rice: Utilization. Vol. II, 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, New York.

Teller, T., 2013, The Effect of Temperature on Amylase Activity, [Online], Available: http://voices.yahoo.com/the-effect-temperature-amylase-activity-6478.html?cat=5 [2013, December 20].

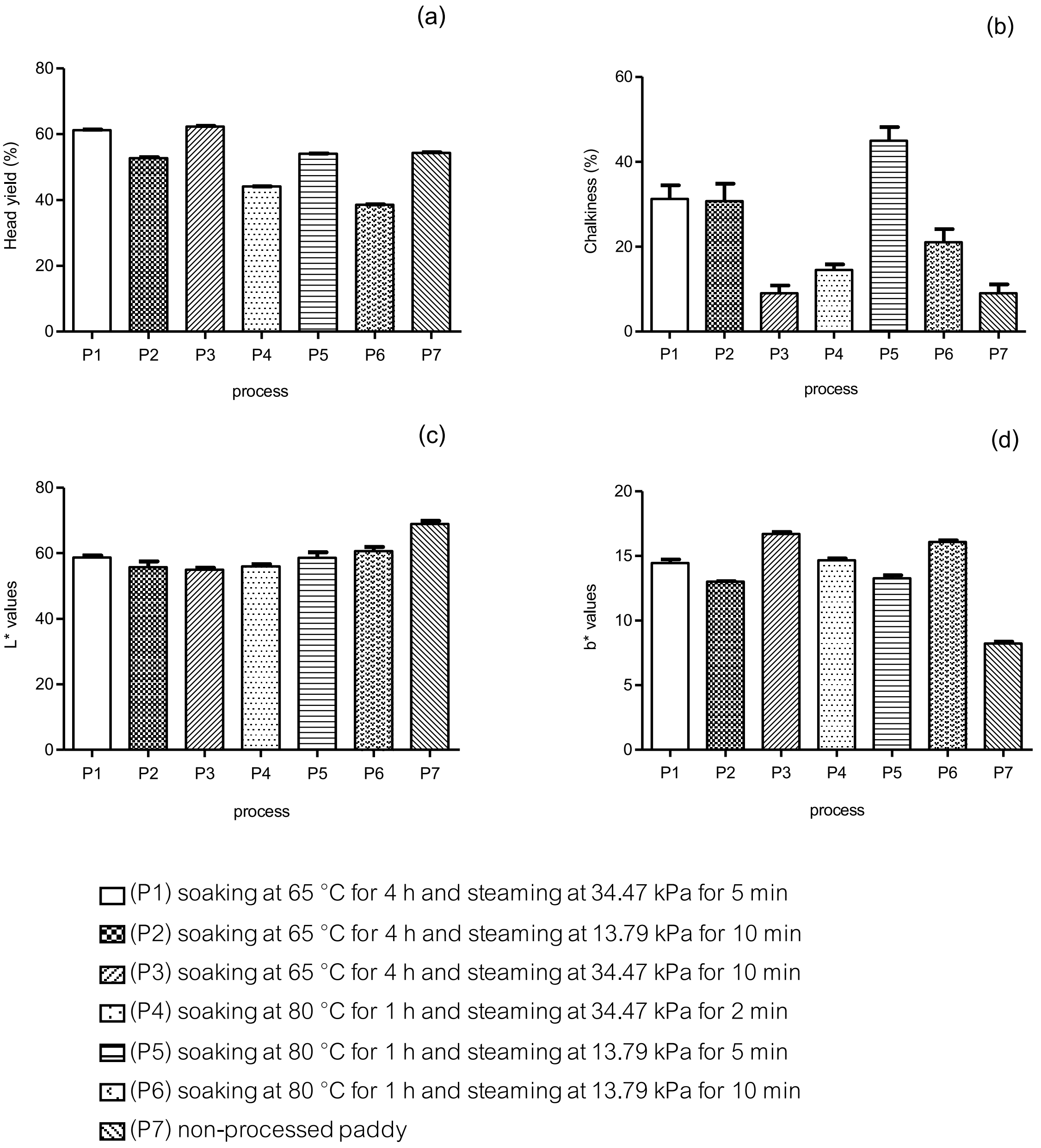


Figure 1 Head rice yield (a), Chalkiness (b), L* (c) and b* values (d) of parboiled rice from (P1) soaking at 65°C for 4 h and steaming at 34.47 kPa for 5 min, (P2) soaking at 65°C for 4 h and steaming at 13.79 kPa for 10 min, (P3) soaking at 65°C for 4 h and steaming at 34.47 kPa for 10 min, (P4) soaking at 80°C for 1 h and steaming at 34.47 kPa for 2 min, (P5) soaking at 80°C for 1 h and steaming at 13.79 kPa for 5 min, (P6) soaking at 80 °C for 1 h and steaming at 13.79 kPa for 10 min and (P7) non-processed paddy

แนวทางการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยชุมชนท้องถิ่น : ตำบลเพ็ญ อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี

Rice Seed Production Approach by Local Community : Phen Sub-district, Phen District, Udon Thani Province

กาญยานี โพนเบ้า[1] **และ ยศ บริสุทธิ์**[2]

Phonbao, K.[1] and Borisutdhi, Y.[2]

Abstract

To increase yield and quality of rice, good quality of rice seeds are needed for farming but farmers constantly face insufficient supply of multiplication seeds such as in Phen Sub-district, Phen district, Udon Thani province. An approach to solve this problem a constant supply of good quality rice seeds were supplied to their community and then it was distributed to other farmers in local areas. The objective of this approach was to find and appropriate method to ensure good quality seeds for farmers to produce of their own in their community thus resulting in self-sufficiency. The project was carried through area survey, interviews from key informants, group interviews and dialogues or forums on the situation of rice production, use of seed for rice production and plans for rice seed production in the community in the year 2013/14. It was found that farmers mostly grew sticky rice for household consumption and small amount of non-sticky rice or normal rice growing were found. That causing farmers produced sticky rice seed for using in their community which were 27 farmers from 10 villages. To achieved rice seed production, the farmers the goal of rice seed production, the farmers were established the farmer group in their community, design of rice seed production plan, the controlling of quality management and collection seed form the group member. Additionally, the Tambon Administrative Organization (TAO) of Phen has the planned for promoting rice seed production practices and purchasing of rice seed form farmer group which were passed quality guaranteed then distribute to other farmers in the Phen sub-district.

Keywords: rice farming, farmer group, Tambon Administrative Organization (TAO), participatory development planning

บทคัดย่อ

การใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดีในการปลูกเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของข้าว อย่างไรก็ตาม เมล็ดพันธุ์ข้าวที่เป็น multiplication seed ซึ่งใช้ในการเพาะปลูกยังไม่พอเพียงสำหรับเกษตรกร เกษตรกรในตำบลเพ็ญ อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานีก็ประสบกับปัญหานี้เช่นเดียวกัน แนวทางหนึ่งในการจัดหาเมล็ดพันธุ์ข้าวให้เพียงพอกับการเพาะปลูกคือให้มีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพใช้กันเองในท้องถิ่น งานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาแนวทางที่เหมาะสมในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยชุมชนท้องถิ่นเอง ซึ่งจากการสำรวจ การสัมภาษณ์ผู้รู้ การสัมภาษณ์กลุ่ม และประชุมเชิงปฏิบัติการหรือจัดเวทีโสเหล่เพื่อร่วมกันทบทวนสภาพการผลิตข้าว การใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว และวางแนวทางการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว สำหรับปีการผลิต 2556/57 ร่วมกัน ซึ่งพบว่า ในพื้นที่เกษตรกรนิยมทำนาข้าวเหนียวเพื่อการบริโภคเป็นหลัก ส่วนข้าวเจ้ามีการผลิตเล็กน้อย เท่านั้น จึงได้ร่วมกันในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวมีเกษตรกรเข้าร่วมโครงการ 27 รายจาก 10 หมู่บ้าน โดยแนวทางในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวให้สำเร็จ คือ การจัดตั้งกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวขึ้นในตำบล มีแผนงานในการผลิต มีการจัดการคุณภาพการผลิตและรวบรวมเมล็ดพันธุ์ข้าวจากสมาชิกกลุ่ม โดยในส่วนขององค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) เพ็ญได้มีแผนในการส่งเสริมการผลิตและจัดซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากกลุ่มเกษตรกรเพื่อนำไปแจกจ่ายให้กับเกษตรกรรายอื่นในตำบล

คำสำคัญ: การทำนา กลุ่มเกษตรกร องค์การบริหารส่วนตำบล การวางแผนพัฒนาแบบมีส่วนร่วม

บทนำ

ข้าวเป็นพืชวัฒนธรรมที่สำคัญยิ่งของคนไทย ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นพืชเศรษฐกิจเท่านั้นแต่เป็นพืชที่บ่งบอกถึงความมั่นคงทางอาหารและการดำรงชีวิตของมนุษย์ด้วย การผลิตข้าวที่ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดีในการเพาะปลูกจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่ม

[1] **องค์การบริหารส่วนตำบลเพ็ญ อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี 41150**

[1] Tambon Administrative Organization of Phen, Phen sub-district, Phen district, Udon Thani province 41150, Thailand

[2] **คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002**

[2] Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

ผลผลิตและคุณภาพของข้าว ดังบทเพลงลูกทุกของไทยที่ว่า “นาดีๆ ต้องใช้ข้าวปลูกพันธุ์ดี ข้าวปลูกไม่ดีก็ทำให้เสียที่นา” อย่างไรก็ตามเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เป็นพันธุ์จำหน่าย (multiplication seed) ซึ่งใช้ในการเพาะปลูกยังไม่พอเพียงกับความต้องการของเกษตรกร

ภาครัฐโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรมการข้าวและหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้พยายามจัดหาเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพให้กับเกาตรกรแต่ก็สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ไม่เกิน 100,000 ตันตอปี ในขณะที่ความต้องการเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดประมาณ 1 ล้านตันตอปี ทั้งนี้เกษตรกรบางส่วนสามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ใช้เองได้ จึงมีความต้องการจริงประมาณ 500,000-600,000 ตันต่อปี (กรมการข้าว, 2555) เกษตรกรจึงต้องหาเมล็ดพันธุ์จากแหล่งอื่น เช่น ซื้อจากเพื่อนบ้าน ร้านค้าเอกชน และเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เอง เป็นต้น อันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ยังใช้เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน (อัญชลี, 2554) ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ก็เกิดขึ้นกับเกษตรกรในตำบลเพ็ญ อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี เช่นกัน โดยในปีการผลิต 2551/52 องค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) เพ็ญ ได้สนับสนุนเมล็ดพันธุ์ข้าวให้กับเกษตรกร และจากการทำประชาคมตำบลในปี 2554 พบว่า เกษตรกรได้เสนอให้ อบต. เพ็ญ สนับสนุนการเปลี่ยนเมล็ดพันธุ์ข้าวอีกครั้ง จึงได้อนุมัติงบประมาณในปี 2555 แต่เนื่องจากเกิดอุทกภัยทำให้ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวอุดรธานี ไม่สามารถจัดหาเมล็ดพันธุ์ข้าวให้ได้ และในปี 2556 อบต. เพ็ญ จึงได้มีแนวคิดริเริ่มใหม่ซึ่งแนวทางหนึ่งในการจัดหาเมล็ดพันธุ์ข้าวให้เพียงพอกับการเพาะปลูกคือให้มีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพใช้กันเองในท้องถิ่นโดยได้อนุมัติงบประมาณในปี 2556 ในการสนับสนุนให้เกิดกิจกรรมดังกล่าวขึ้นโดยเน้นให้เกษตรกรเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตและเรียนรู้ร่วมกันในการผลิตดังกล่าว โดยการเริ่มร่วมกันดำเนินการผลิตในปีการผลิต 2556/57 แล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการจัดการคุณภาพดังกล่าวไปแจกจ่ายหรือจำหน่ายให้กับเกษตรกรอื่นในพื้นที่ใช้กันในปีการผลิตถัดไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ได้ดำเนินการศึกษาในพื้นที่ตำบลเพ็ญ อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลมือสอง (secondary data) สำรวจพื้นที่ การสัมภาษณ์ผู้รู้ การสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกรจำนวน 2 เวที ได้แก่ หมู่ที่ 5 มีผู้เข้าร่วม 13 คน และหมู่ที่ 14 มีผู้เข้าร่วม 10 คน ซึ่งเป็นหมู่บ้านที่เกษตรกรมีพื้นที่นาเฉลี่ยต่อครัวเรือนจำนวนมากและน้อยตามลำดับ เพื่อทบทวนสภาพการผลิตข้าวและการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวในตำบล และได้จัดเวทีโสเหล่ (dialogue or forum) ครั้งที่ 1 ขึ้น เมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2556 มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมทั้งสิ้น 17 คน เพื่อร่วมกันกำหนดวางแนวทางเบื้องต้นในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของตำบล และเพื่อให้ทันกับการเพาะปลูกในปีการผลิต 2556/57 จึงได้ประสานงานกับ อบต.เพ็ญและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดอบรมการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2556 และได้ไปศึกษาดูงานกลุ่มที่ประสบความสำเร็จ ณ กลุ่มส่งเสริมและผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชน ตำบลดอนกลอย อำเภอพิบูลย์รักษ์ จังหวัดอุดรธานี เมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม 2556 จากนั้นได้มีการจัดเวทีโสเหล่ครั้งที่ 2 ขึ้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2556 เพื่อร่วมกันกำหนดแนวทางการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวของกลุ่มในปีการผลิต 2556/57

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ข้อมูลทั่วไปของตำบล

ตำบลเพ็ญประกอบด้วย 17 หมู่บ้าน ประชากรกว่าร้อยละ 96 นับถือศาสนาพุทธ มีการรักษาบุญประเพณี ความเชื่อต่างๆ เช่น บุญแจกข้าว บุญมหาชาติ บุญข้าวสาก เป็นต้น ในปี 2555 มีพื้นที่ทำการเกษตร 26,358 ไร่ มีเกษตรกรจำนวน 1,513 ครัวเรือน แรงงานของประชากรในตำบลกว่าร้อยละ 83 เป็นแรงงานด้านการเกษตร สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยสลับกับพื้นที่ราบลุ่ม สภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำมีความอุดมสมบูรณ์น้อย การเกษตรส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝน เนื่องจากเป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน พืชปลูกที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว ยางพารา อ้อย และมันสำปะหลัง มีการเลี้ยงสัตว์โคกระบือ เป็ดและไก่พื้นเมือง การเกษตรในปัจจุบันมีการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรมาแทนแรงงานสัตว์และแรงงานคนมากขึ้น พื้นที่ถือครองโดยเฉลี่ยประมาณ 13 ไร่ต่อครัวเรือน กรรมสิทธิ์ในการถือครองที่ดินประมาณร้อยละ 80 เป็นโฉนดและ นส3ก. ส่วนที่เหลือเป็น ภบท5. สปก. พื้นที่อื่นๆ และเช่าที่ดินทำกิน (สำนักงานเกษตรอำเภอเพ็ญ, 2555)

2. สภาพการผลิตข้าวในตำบล

ข้าวเป็นพืชหลักของเกษตรกรในตำบลเพ็ญ โดยมีพื้นที่ทำนาประมาณ 23,670 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 89.90 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งตำบล มีเกษตรกรทำนา 1,325 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 87.57 ของครัวเรือนเกษตรกร พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรนิยมปลูกจะเป็นพันธุ์ที่ราชการส่งเสริม ได้แก่ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 มีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 13,060 ไร่ (คิดเป็นร้อยละ 55.17) และข้าวเจ้าพันธุ์ กข 15 มีพื้นที่ปลูก 6,020 ไร่ (คิดเป็นร้อยละ 25.43) ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวทั้งสองพันธุ์ประมาณ 450 กก./ไร่ ส่วนข้าวบางพันธุ์มีปลูกไม่มากนัก บางครัวเรือนไม่ปลูกเลยซึ่งพันธุ์ที่ปลูกได้แก่ขาวดอกกมะลิ 105 กข12 กข 10 และขาวอุบล (สำนักงานเกษตรอำเภอเพ็ญ, 2555) จากการสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกรจำนวน 2 เวที พบว่า สาเหตุที่เกษตรกรนิยมปลูกข้าวเหนียว ถึงแม้ว่าครัวเรือนมีพื้นที่ถือครองเฉลี่ยประมาณ 13 ไร่ก็ตาม แต่หากพิจารณาเฉพาะพื้นที่นาพบว่ามีพื้นที่ราว 6-8 ไร่ต่อครัวเรือนจึงเลือก

ปลูกข้าวเหนียวเพื่อบริโภคเองในครัวเรือน ซึ่งสอดคล้องกับงานรายงานของนุจนาจย์ และบุศรา (2555) ที่พบว่ารูปแบบการผลิตข้าวเปลี่ยนไปจากการผลิตเพื่อบริโภคและจำหน่ายเป็นการผลิตเพื่อบริโภคภายในครัวเรือน เนื่องจากพื้นที่มีขนาดเล็กลง ผลผลิตน้อยลง ไม่พียงพอต่อการจำหน่ายหรือเหลือจำหน่ายในปริมาณที่น้อย นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าวิธีที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 80 ยังเป็นการปักดำ ส่วนประมาณร้อยละ 20 ใช้วิธีการทำนาหว่านข้าวแห้งและนาหยอดซึ่งวิธีการนี้มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากแรงงานในการเพาะปลูกมีราคาแพง การใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีมีการใช้สูงมากตลอดฤดูกาลเพาะปลูก ปุ๋ยเคมีในนาข้าวเกษตรกรนิยมใช้สูตร 16-16-8 สำหรับใส่นาดินทรายและสูตร 16-20-0 สำหรับนาดินเหนียว โดยใช้อัตรา 20-25 กิโลกรัม/ไร่

3. สภาพการผลิตและการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านมาในตำบล

3.1 **สภาพการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว** จากการสัมภาษณ์กลุ่มจำนวน 2 เวที พบว่า เกษตรกรจำนวนมากเก็บพันธุ์ข้าวทั้งพันธุ์ข้าวเหนียวและข้าวเจ้าไว้ใช้เองเนื่องจากหาซื้อเมล็ดพันธุ์ยาก ซึ่งเกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่ซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวจากร้านค้าตัวแทนจำหน่ายเมล็ดพันธุ์/สหกรณ์การเกษตรแต่ยังไม่เพียงพอกับความต้องการของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรบางส่วนนำเมล็ดพันธุ์ข้าวไปแลกเปลี่ยนกันเองในชุมชน โดยการเก็บพันธุ์ไว้ใช้เองนั้นเกษตรกรได้มีการหาเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ดีมาเปลี่ยนทุก 3-4 ปีหรือจนกว่าข้าวจะแข็งหรือรับประทานไม่อร่อย ไม่หอม ซึ่งจากการจัดเวทีโสเหล่ครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2556 พบว่า การจัดหาเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีได้ยากเป็นประเด็นปัญหาที่เกษตรกรประสบมากที่สุด รองลงมาคือปัญหาการไม่มีความรู้ในการผลิตและการคัดเมล็ดพันธุ์ข้าว และประเด็นการไม่พิถีพิถันหรือมักง่ายในการคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ใช้เอง เช่น ไม่คัดหรือไม่ตัดพันธุ์ปน นวดฟ้อนข้าวที่ตนเองเลือกเป็นเมล็ดพันธุ์โดยใช้เครื่องนวดร่วมกับข้าวทั่วไป ตักเอาข้าวในยุ้งฉางไปตกกล้าเลย เป็นต้น ทั้งๆที่รู้ว่าทำด้วยวิธีการนี้จะมีผลต่อผลผลิตข้าว

3.2 **การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านมา**: ตำบลเพ็ญเคยมีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวภายใต้ชื่อศูนย์ส่งเสริมและผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชนบ้านโพนทัน หมู่ที่ 6 มีจำนวนสมาชิก 19 ราย ได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนเทคโนโลยีและปัจจัยการผลิตจากหน่วยงานภาครัฐ เช่น เมล็ดพันธุ์ข้าว ปุ๋ย และได้ดำเนินการจำหน่ายในนามของกลุ่ม แต่การดำเนินงานของกลุ่มไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากการควบคุมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของกลุ่มยังไม่ดีพอ ทำให้ผู้ที่นำเมล็ดพันธุ์ไปใช้แล้วได้รับผลกระทบตามมา กิจกรรมของกลุ่มจึงเปลี่ยนสถานะจากการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเป็นการออมทรัพย์ภายในหมู่บ้านแทน จากการสัมภาษณ์ประธานกลุ่ม ได้กล่าวว่า “ปัญหาที่พบคือการปฏิบัติตามขั้นตอนการผลิตเมล็ดพันธุ์นั้นยุ่งยาก ต้องใส่ใจพิถีพิถัน และที่สำคัญมากคือสมาชิกต้องซื่อสัตย์ เพราะเมื่อขายไปแล้วเกษตรกรรายอื่นก็จะได้รับข้าวคุณภาพไม่ดีไปปลูกในนาต่อไป ซึ่งทำให้กลุ่มเสียชื่อเสียงและกลุ่มเองก็อยู่ไม่ได้” จากคำกล่าวดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการควบคุมคุณภาพของกลุ่มและความใส่ใจพิถีพิถันของสมาชิกเป็นจุดที่สำคัญที่สุดในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว

3.3 **ความต้องการในการผลิตและการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว**: จากการจัดเวทีโสเหล่ครั้งที่ 1 ดังกล่าวเกษตรกรได้เสนอประเด็นความต้องการ 4 ประเด็นโดยได้ร่วมกันจัดลำดับความสำคัญตามลำดับ ดังนี้ (1) ต้องการเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีทนต่อโรคและมีปริมาณที่เพียงพอ (2) ต้องการการแนะนำ ส่งเสริม ให้ความรู้ การศึกษาดูงานและการติดตามให้คำแนะนำจากเจ้าหน้าที่อย่างต่อเนื่อง (3) ต้องการการสนับสนุนปัจจัยการผลิต อาทิ เครื่องคัดและทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว เป็นต้น และ (4) ต้องการจัดตั้งกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวในตำบล

4. แนวทางการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว

4.1 **การดำเนินการเร่งด่วน**: จากเวทีโสเหล่ครั้งที่ 1 เกษตรกรได้ร่วมกันกำหนดแนวทางเริ่มต้นในการขับเคลื่อน 2 รายการเร่งด่วนเพื่อให้ทันกับการเพาะปลูกปี 2556/57 ดังนี้

1) รับสมัครสมาชิกผู้สนใจเข้าร่วมโครงการที่มีความพร้อมและมีพื้นที่เหมาะสมกับการร่วมผลิตเมล็ดพันธุ์ ซึ่งพบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการทั้งสิ้น 27 ราย จาก 10 หมู่บ้าน

2) เวทีโสเหล่ได้เสนอให้ ขอรับการสนับสนุนงบประมาณและการอำนวยการการดำเนินกิจกรรมต่างๆ จากองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) เพ็ญ ในการนี้ได้รับการอนุมัติสนับสนุนด้วยดีจาก อบต.เพ็ญ ตามที่เกษตรกรเสนอ ดังนี้ (1) เวทีโสเหล่ได้มีมติร่วมกันในการเลือกผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชนิดพันธุ์หลัก (foundation seed) พันธุ์ กข.6 ซึ่งเป็นข้าวที่มีเกษตรกรนิยมปลูกกันมากในตำบลและปลูกเพื่อการบริโภคในครัวเรือน โดยให้ อบต.เป็นผู้สนับสนุนงบประมาณในการจัดซื้อ (2) เวทีโสเหล่ได้มีมติร่วมกันในการจัดให้มีการอบรมการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวคุณภาพดีให้กับสมาชิกผู้เข้าร่วมโครงการและผู้ที่สนใจ ซึ่งกิจกรรมการอบรมนี้ อบต. เพ็ญ ได้สนับสนุนกิจกรรมดังกล่าวโดยได้จัดอบรมขึ้นเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2556 ณ ห้องประชุมอบต.เพ็ญ โดยการดำเนินงานอย่างเร่งด่วนในช่วงนี้เพื่อให้ทันกับช่วงการลงมือตกกล้าของเกษตรกรในฤดูกาลผลิต 2556/57 และ (3) เวทีโสเหล่ได้มีมติในการไปศึกษาดูงานกลุ่มเกษตรกรที่ประสบความสำเร็จในพื้นที่ใกล้เคียง โดยขอรับการสนับสนุนงบประมาณจาก อบต. เพ็ญ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำแนวคิดและวิธีการต่างๆ มาเป็นแนวทางในการดำเนินการผลิตของกลุ่มเกษตรกรในตำบลเพ็ญต่อไป ซึ่งเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการได้เลือกไปศึกษาดูงาน ณ กลุ่มส่งเสริมและผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวชุมชน ตำบลดอนกลอย อำเภอพิบูลย์รักษ์ จังหวัดอุดรธานี เมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม 2556

4.2 **แนวทางการดำเนินการการผลิตของกลุ่ม**: หลังจากได้เดินทางไปดูงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้จัดเวทีโสเหล่ครั้งที่ 2 ขึ้นเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2556 โดยมีมติกำหนดแนวทางในการดำเนินงานของกลุ่ม ดังนี้

1) เวทีโสเหล่ได้จัดตั้งกลุ่มและคัดเลือกคณะกรรมการบริหารกลุ่มผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวตำบลเพ็ญ จำนวน 10 คน โดยในช่วงแรกนี้จัดตั้งเป็นกลุ่มก่อนและหากกลุ่มมีความเข้มแข็งขึ้น มีแผนในการยกสถานะเป็นวิสาหกิจชุมชนต่อไป

2) เวทีโสเหล่ได้กำหนดแนวทางและแผนการบริหารจัดการและการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว คณะกรรมการร่วมกันวางแผนการปฏิบัติงาน เนื่องจากพื้นที่ปลูกข้าวอยู่ห่างกันจึงได้แบ่งพื้นที่รับผิดชอบออกเป็น 4 กลุ่มย่อย โดยให้พื้นที่ใกล้เคียงกันอยู่ในกลุ่มเดียวกันเพื่อความสะดวกต่อการดูแลและประสานงานระหว่างคณะกรรมการ สมาชิกและเจ้าหน้าที่เมื่อต้องออกปฏิบัติหน้าที่ให้ความรู้และคำแนะนำแก่สมาชิก และได้ร่วมกันร่างปฏิทินแผนการดำเนินงานของกลุ่มในช่วงเวลาต่างๆ โดยมีผู้รับผิดชอบหลักคือคณะกรรมการทั้ง 10 คน เป็นผู้ที่จะถ่ายทอดองค์ความรู้สู่สมาชิกต่อไป สำหรับการบริหารจัดการผลผลิตและการรวบรวมผลผลิตนั้นได้ให้คณะกรรมการเป็นผู้มีบทบาทหลักในการดำเนินการ นอกจากนี้สมาชิกทุกคนที่ได้รับการสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ข้าวไปแล้ว เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตเสร็จ คณะกรรมการจะสุ่มเมล็ดพันธุ์ของสมาชิกทุกคนส่งไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ซึ่งผลการตรวจจะผ่านหรือไม่ก็ตาม สมาชิกต้องส่งเมล็ดข้าวคืนให้กลุ่มในอัตราสองเท่าของจำนวนที่ได้รับไป ส่วนผู้ที่เมล็ดพันธุ์ผ่านการรับรองคุณภาพสามารถนำเมล็ดพันธุ์ข้าวนั้นมาจำหน่ายให้กลุ่มได้เพื่อที่คณะกรรมการจะได้รวบรวม จัดการและบรรจุกระสอบเพื่อจัดจำหน่ายในนามกลุ่มให้กับ อบต. เพ็ญ หรือผู้ที่สนใจต่อไป ส่วนราคาที่รับซื้อนั้นทางกลุ่มจะกำหนดราคาโดยพิจารณาจากสถานการณ์และความเหมาะสมในขณะนั้น อย่างไรก็ตามราคาที่รวบรวมซื้อจากสมาชิกต้องมีความเป็นธรรม ซึ่งการดำเนินการในแนวทางดังกล่าวนี้บุศรา (2554) และ Thrupp (1994) ที่รายงานในทำนองเดียวกันว่าการส่งเสริมการผลิตแบบมีส่วนร่วม การเสริมสร้างพลังอำนาจ หรือการเรียนรู้ร่วมกันของเกษตรกรมีส่วนที่เอื้อให้นำไปสู่การพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืน

3) เวทีโสเหล่ได้เสนอให้ อบต. เพ็ญ เป็นผู้ดำเนินการส่งเสริมการผลิตโดยประสานกับหน่วยงานหรือภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง เช่น ศูนย์บริการและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรประจำตำบลเพ็ญ สำนักงานเกษตรอำเภอเพ็ญ ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวอุดรธานี พร้อมทั้งเสนอให้ อบต. เพ็ญ เป็นผู้จัดซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากกลุ่มเกษตรกรเพื่อนำไปแจกจ่ายให้กับเกษตรกรรายอื่นในตำบล อย่างไรก็ตามจากศึกษาของ จงรักษ์ (2550) พบว่า การขาดการสนับสนุนจากภาครัฐด้านการรับรองเมล็ดพันธุ์และการจัดการตลาด ทำให้ศูนย์ข้าวชุมชนอ่อนแอลง ซึ่งการดำเนินการของ อบต. เพ็ญ ดังกล่าวนี้เป็นการเสริมสร้างความเข้มเข็งให้กับกลุ่มเกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง

สรุปผล

เกษตรกรในตำบลเพ็ญ อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี ส่วนใหญ่ผลิตข้าวเหนียวเป็นหลักและผลิตเพื่อบริโภคกันเองในครัวเรือน อย่างไรก็ตามเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกยังไม่พอเพียงกับความต้องการของเกษตรกรทำให้มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวที่บริโภคไม่อร่อย เกษตรกรในตำบลจึงได้ร่วมกันกำหนดแนวทางในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว กข6 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรในตำบลนิยมปลูก โดยได้ร่วมกันจัดตั้งกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวขึ้นในตำบล มีแผนงานในการผลิต การจัดการคุณภาพการผลิตและรวบรวมเมล็ดพันธุ์ข้าวจากสมาชิกกลุ่ม โดยในส่วนของ อบต. เพ็ญได้มีแผนในการส่งเสริมการผลิตและจัดซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากกลุ่มเกษตรกรเพื่อนำไปแจกจ่ายให้กับเกษตรกรรายอื่นในตำบล ดังนั้นการดำเนินการหากมีการบริหารจัดการความเสี่ยงเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเหตุการณ์ซ้ำรอยในอดีต

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเกษตรกรที่ให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการวิจัยนี้ องค์การบริหารส่วนตำบลเพ็ญที่ให้การสนับสนุนการขับเคลื่อนงานวิจัยนี้ คุณอริยะ ผิวเหลือง และ ดร. กัลยา มิขะมา ที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการรวบรวมข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว, 2555, คู่มือโครงการพัฒนาและเพิ่มศักยภาพศูนย์ข้าวชุมชน ปี 2556, สำนักส่งเสริมการผลิตข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จงรักษ์ มูลเฟย ธวัชชัย รัตน์ชเลศ พฤกษ์ ยิบมันตะสิริ และ รุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์, 2550, ศักยภาพของศูนย์ข้าวชุมชนในการพัฒนาสู่การพึ่งตนเองด้านเมล็ดพันธุ์: กรณีศึกษาจังหวัดพะเยา, วารสารเกษตร, 23(2): 155–164.

นุจนาจย์ งิดชัยภูมิ และ บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล, 2555, การปรับตัวของเกษตรกรรรายย่อยในการลดต้นทุนการผลิตข้าวนาน้ำฝน อำเภอเขว้า จังหวัดชัยภูมิ, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(2)(พิเศษ): 245-248.

บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล, 2554, นวัตกรรมการส่งเสริมเพื่อการขยายผลเกษตรยั่งยืน, วารสารเกษตร, 27(3): 293–303.

สำนักงานเกษตรอำเภอเพ็ญ, 2555, แผนพัฒนาการเกษตรตำบลเพ็ญ ปี 2556-2558, สำนักงานเกษตรอำเภอเพ็ญ อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี, อุดรธานี.

อัญชลี ประเสริฐศักดิ์, 2554, สถานการณ์ของแหล่งผลิต แหล่งจำหน่าย และการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวของเกษตรกร, ใน: รายงานการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2554, วันที่ 3-4 มิถุนายน 2554 ณ โรงแรมอมารีแอร์พอร์ตดอนเมือง กรุงเทพฯ, หน้า 42-62.

Thrupp, L.A., Cabarle, B. and Zazueta, A., 1994, Participatory Methods in Planning and Political Processes: Linking the Grassroots and Policies for Sustainable Development, Agriculture and Human Values, 11(2-3): 77-84.

ผลของการประยุกต์ใช้พอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรน ในการบรรจุเห็ดแชมปิญองแบบดัดแปลงบรรยากาศ

Effect of the Poly (L-lactic acid) (PLLA) Nano Fiber Membrane Application in Modified Atmosphere Packaging for Chanpigon Mushroom

นนทพัทธ์ ศรีสวัสดิ์[1] ดำรงพล คำแหงวงศ์[1] อรวรรณ สุวรรณทอง[2] และ ภูวนาท ฟักเกตุ[1]

Srisawat, N.[1], Kamhangwong, D.[1], Suwantong, O.[2] and Fuggate, P.[1]

Abstract

PLLA nanofiber membrane can be used to apply for modified atmosphere packaging in the particularly high respiration rate fresh produce such as asparagus and mush room because it has high the gas permeation rate and the suitable ratio of CO_2/O_2 permeability coefficient to regulate the optimum atmosphere of surrounded produce (20%-21% O_2 and 5%-15% CO_2). The objectives of this research are to study the potential of PLLA fiber membrane application for modified atmosphere packaging in Chanpigon mushroom. Studying the effect of modified atmosphere packaging is carried by placing chanpigon mushrooms into sealed plastic tray packages. Each package is provided with the rectangular PLLA fiber membrane window with 200 µm of thickness and diffusion area at 1.0, 2.0, 3.0 cm^2. All treatments are stored at 15°C (75%RH). Mushroom respiration rate and gas composition were measured. The result from experimental are shown that the PLLA fiber membrane can be provides the optimal gas composition in range 5%-15% O_2 and 5%-15% CO_2 within package and 2,800-4,300 ml/kg day of respiration rate at equilibrium stage and it has the potential for use in modified atmosphere packaging to extend shelf life in mush room in both bulk commercial storage and transportation.

Keywords: modified atmosphere packaging, chanpigon mushroom, Poly (L-lactic acid), electrospinning

บทคัดย่อ

พอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรน สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศในผลิตสดทางการเกษตรที่มีการหายใจสูงได้ ดังเช่น หน่อไม้ฝรั่ง และเห็ด เนื่องจากมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซสูงและมีสัดส่วนของสัมประสิทธิของการซึมผ่านก๊าซของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อก๊าซออกซิเจนที่เหมาะสมต่อการควบคุมสภาพบรรยากาศรอบๆ ผลิตผลที่มีความเหมาะสมที่ก๊าซออกซิเจนที่ร้อยละ 20-21 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5-15 วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาผลของการประยุกต์ใช้พอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรนในการบรรจุเห็ดแชมปิญองแบบดัดแปลงบรรยากาศ โดยบรรจุเห็ดลงในบรรจุภัณฑ์พลาสติกปิดสนิท แต่ละสภาวะทดสอบติดด้วยพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรน ที่ความหนา 200 ไมโครเมตร และขนาดพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ 1.0 2.0 และ 3.0 ตารางเซนติเมตร ทุกสภาวะทดสอบเก็บที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 75 จากนั้นวัดอัตราการหายใจและปริมาณก๊าซภายบรรจุภัณฑ์ ผลการทดลองพบว่าพอลิแลคติก แอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรน สามารถปรับสภาพบรรยากาศให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมที่ปริมาณออกซิเจนร้อยละ 5-15 และคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5-15 และอัตราการหายใจในช่วง 2,800-4,300 ที่สภาวะสมดุล และมีศักยภาพที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ เพื่อยืดอายุการเก็บเห็ดแชมปิญองทั้งในการจัดเก็บในทางการค้าและการขนส่ง

คำสำคัญ: การบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ เห็ดแชมปิญอง พอลิแลคติกแอซิด อิเล็กโตรสปินนิง

[1] Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Bogor Agricultural University, Dramaga, Bogor 16002, Indonesia

[2] สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย 57100 ประเทศไทย

[2] School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Chiang Rai 57100, Thailand

คำนำ

อิเล็กโตรสปินนิง (electrospinning) เป็นเทคนิคการปั่นเส้นใยโดยอาศัยความต่างศักย์สูงเพื่อดึงสารละลายพอลิเมอร์หรือพอลิเมอร์หลอมเหลวให้ตกลงมาบนแผ่นรับ อิเล็กโตรสปินนิงเป็นเทคนิคมีประสิทธิภาพในการผลิตเส้นใยพอลิเมอร์ที่มีขนาดต่างๆ ตั้งแต่ระดับนาโนเมตรจนถึงระดับไมโครเมตร (Hobson และ Burton, 1989) เส้นใยที่ได้จะมีความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซและอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงตลอดจนมีสัดส่วนในการซึมผ่านก๊าซของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อก๊าซออกซิเจน (CO_2/O_2 perm selectivity (β)) ได้หลากหลาย (Emond และคณะ, 1991) จึงมีความเหมาะสมต่อการนำมาประยุกต์ใช้บรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere packaging เพื่อยืดอายุการเก็บผักผลไม้สดได้หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกลุ่มของผักผลไม้สดที่มีอัตราการหายใจสูง (Phillips, 1996; Robertson, 1993) ดังเช่น ผักและผลไม้สดตัดแต่ง หน่อไม้ฝรั่ง และเห็ด (Fonseca และคณะ, 2002; Farber และคณะ, 2003) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาแนวโน้มของการประยุกต์ใช้แผ่นไฟเบอร์เมมเบรนที่ทำจากเส้นใยพอลิแลคติกแอซิด โดยแบ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีเชิงฟิสิกส์ของพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรน และการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาผลของพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรนต่อการประยุกต์ใช้ในการบรรจุเห็ดแชมปิญองแบบดัดแปลงบรรยากาศ ผลการทดลองที่ได้สามารถนำมาใช้ในการออกแบบระบบในการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศที่มีความเหมาะสมต่อการขนส่งในเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีเชิงฟิสิกส์ของพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรน

ขึ้นรูปพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรนโดยเตรียมละลายพอลิแลคติกแอซิดเรซิ่นร้อยละ 10 ด้วยสารละลายผสม dichloromethane (DCM) และ dimethylformamide (DMF) ในสัดส่วน 7:3 โดยปริมาตร และขึ้นรูปโดยวิธีอิเล็กโตรสปินนิง โดยใช้ศักย์ไฟฟ้าที่ 20 kV ระยะห่างของแผ่นรับที่ 18 เซนติเมตร ที่ความหนา 300±40 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิห้อง (25±5°C) ภายหลังการขึ้นรูปทำการทดสอบลักษณะทางกายภาพและสมบัติเคมีเชิงฟิสิกส์ดังนี้

1.1 การทดสอบความหนาของไฟเบอร์เมมเบรน

วัดความหนาของพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรนโดยสุ่มวัดความหนาของตัวอย่างจำนวน 10 ซ้ำในแต่ละตัวอย่างด้วยใช้เครื่อง digital micrometer.

1.2 การทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไฟเบอร์ (Fiber diameters)

ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยไฟเบอร์โดยใช้ scanning electron microscope (SEM) โดยเคลือบผิวตัวอย่างด้วยทองโดยใช้ Polaron SC-7620 sputtering device (Quorum Technologies, Newhaven, UK). และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไฟเบอร์โดยใช้โปรแกรม SemAphore 4.0 software จำนวน 50 ซ้ำ

1.3 การทดสอบความแข็งแรงเชิงกล

ทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile strength, TS) และร้อยละของการการยืดดึง (%elongation at break, EAB) ของวัสดุตามมาตรฐาน ASTM D6380-00 (ASTM, 1989) โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine โดยใช้สภาวะทดสอบที่อุณหภูมิ 25±0.5°C และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50±2

1.4 การทดสอบสัมประสิทธิการซึมผ่านก๊าซ

ทดสอบสัมประสิทธิการซึมผ่านขอก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(Carbon dioxide permeability coefficient) และก๊าซออกซิเจน (Oxygen permeability coefficient) ตามมาตรฐาน ASTM D1434-82 procedure M-Manometric (ASTM, 2009) โดยใช้เซลล์ทดสอบวัดก๊าซในระบบ isostatic สภาวะทดสอบที่อุณหภูมิ 23±0.1°C และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 และคำนวณสัดส่วนในการซึมผ่านก๊าซของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อก๊าซออกซิเจน (the ratio of CO_2-to-O_2 permeability coefficient (β))

1.5 การทดสอบค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม (Water vapor transmission rate)

ทดสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของแผ่นไฟเบอร์เมมเบรน โดยดัดแปลงตาม วิธีการของ ASTM D895-79 (1994) ที่อุณหภูมิ 40°C และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 โดยใช้ขนาดของพื้นที่ในการทดสอบ 3.14 ตารางเซนติเมตร

2. เป็นการศึกษาผลของพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรนต่อการประยุกต์ใช้ในการบรรจุเห็ดแชมปิญองแบบดัดแปลงบรรยากาศ

บรรจุเห็ดแชมปิญองน้ำหนัก 250 กรัม ลงในถาดพลาสติกพอลิพรอพิลีน (PP) ปิดสนิท ขนาด กว้าง150 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร และลึก 5 มิลลิเมตร แต่ละสภาวะทดสอบติดด้วยพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรน ที่ความหนา

200 ไมโครเมตร และขนาดพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ 1.0 2.0 และ 3.0 ตารางเซนติเมตร ทุกสภาวะทดสอบเก็บที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 75 จากนั้นวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ โดยใช้ Gas ทุกวันจนกระทั่งสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์เข้าสู่สภาวะสมดุลและคำนวณอัตราการหายใจของผลิตผลโดยใช้สมการจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) (Steel และ Torrie, 1980)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาสมบัติความแข็งแรงเชิงกลและเคมีเชิงฟิสิกข์ของพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรน

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีเชิงฟิสิกข์ของพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรนพบว่าแผ่นไฟเบอร์เมมเบรน ที่ความหนา 300 ไมโครเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยที่ 0.80±0.12 ไมโครเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านก๊าซออกซิเจนที่ 840,000 $cm^3\ m^{-2}\ d^{-1}\ atm^{-1}$ สัมประสิทธิ์การซึมผ่านคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 1,020,000 $cm^3\ m^{-2}\ d^{-1}\ atm^{-1}$ สัดส่วนในการซึมผ่านก๊าซของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อก๊าซออกซิเจนที่ 1.21 และ มีค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำที่ที่ 7.23±0.72 $g\ m^{-2} d^{-1}$ ดังแสดงใน Table 1 ผลจากการเมมเบรนนำมาใช้ในการออกแบบระบบภาชนะบรรจุเพื่อการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศของเห็ดแชมปิญองในการทดลองที่ 2 ต่อไป

2. ผลการศึกษาผลของพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรนต่อการประยุกต์ใช้ในการบรรจุเห็ดแชมปิญองแบบดัดแปลงบรรยากาศ

จากผลของพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรนต่อการประยุกต์ใช้ในการบรรจุเห็ดแชมปิญองแบบดัดแปลงบรรยากาศโดยใช้ขนาดของพื้นที่ของเมมเบรนในการแลกเปลี่ยนก๊าซ 3 ขนาดคือที่ 1.0 2.0 และ 3.0 ตารางเซนติเมตร พบว่าขนาดของเมมเบรนที่ 1 ตารางเซนติเมตร (1 cm^2-area) จะทำให้เกิดการดัดแปลงสภาพบรรยากาศรอบๆ ผลิตผล ที่มีความเหมาะสมต่อการบรรจุที่ปริมาณก๊าซออกซิเจนร้อยละ 5.77 และคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 8.00 และมีอัตราการหายใจต่ำสุดที่ 2880 ml of $CO_2\ kg^{-1}\ day^{-1}$ รองลงมาคือ ขนาดของเมมเบรนที่ 2 ตารางเซนติเมตร (2 cm^2-area) ทำให้เกิดการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่ ปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 8.61 และ 4.33 โดยเห็ดมีอัตราการหายใจที่ 3,120ml of $CO_2\ kg^{-1}\ day^{-1}$ ขณะที่ขนาดของเมมเบรนที่ 3 ตารางเซนติเมตร (3 cm^2-area) จะมีผลทำให้เกิดการดัดแปลงสภาพบรรยากาศเล็กน้อยที่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 3.00 และปริมาณก๊าซออกซิเจนร้อยละ 19.70ab และพบว่าอัตราการหายใจของเห็ดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเห็ดที่บรรจุด้วยเมมเบรน ขนาด 2 ตารางเซนติเมตร ดัง Table 2 ผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า พอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรนมีศักยภาพที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ เพื่อยืดอายุการเก็บเห็ดแชมปิญอง แต่อย่างไรก็ดีพบว่ายังมีไอน้ำสะสมอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ค่อนมากทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากแผ่นพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรนยังขาดสมบัติที่ดีในเรื่องการระบายความชื้นที่เกิดจากการคายน้ำของผลิตผล ซึ่งต้องพัฒนาวิธีการปรับลดความชื้นหรือปรับปรุงสมบัติด้านอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของเมมเบรนให้มีความเหมาะสมในการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศต่อไป

Table 1 Physical properties and physico-chemical properties of PLLA nanofiber membrane

Material properties	Value
Thickness (µm)	300 ±40
Fiber diameters (µm)	0.80 ± 0.12
Tensile strength (lbs/inch^2)	110±5.7
Elongation at break (%)	75±7.43
Carbon dioxide permeability coefficient ($cm^3\ m^{-2}\ d^{-1}\ atm^{-1}$)	1,020,000±1,321
Oxygen permeability coefficient ($cm^3\ m^{-2}\ d^{-1}\ atm^{-1}$)	840,000±1,145
The ratio of CO2-to-O2 permeability coefficient	1.21
Water vapor transmission rate ($g\ m^{-2}\ d^{-1}$)	7.23±0.72

The ± values are standard deviations for triplicates.

Table 2 Respiration rate and gas composition of modified atmosphere packaging (MAP) with Poly (L-lactic acid) (PLLA) nanofiber membrane system for chanpigon mushroom

Treatment	Respiration rate (ml/kg day)		RQ.	Gas composition at steady state (%)	
	CO_2	O_2		CO_2	O_2
Control	3480a	4440a	0.78	0.03c	21.00a
1 cm2-area	2880c	4200c	0.69	8.00a	5.77c
2 cm2-area	3120b	4320b	0.72	4.33b	8.61b
3 cm2-area	3240b	4392b	0.74	3.00b	19.70ab

The same superscript letters in the same column mean not significantly different (p>0.05)

สรุปผล

การใช้แผ่นพอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรนที่ขนาด 1-2 ตารางเซนติเมตร สามารถปรับสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์เห็ดแชมปิญอง ในการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ ที่สภาวะสมดุลให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมที่ปริมาณออกซิเจนร้อยละ 5-15 และคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5-15 ได้ และมีศักยภาพที่จะนำมาประยุกต์ใช้เป็นเมมเบรนเลือกผ่านก๊าซสำหรับใช้ในการบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ เพื่อยืดอายุการเก็บเห็ดแชมปิญองได้ แต่อย่างไรก็ดีการประยุกต์ใช้พอลิแลคติกแอซิดนาโนไฟเบอร์เมมเบรนควรต้องพิจารณาปัญหาในเรื่องการลดความชื้นที่สะสมภายในบรรจุภัณฑ์ต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเครื่องมือวิเคราะห์ชั้นสูงในการวิเคราะห์จากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

เอกสารอ้างอิง

ASTM, 1989, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia: ASTM D6380-00.

ASTM, 2009, Standard Test Method for Determining Gas Permeability Characteristics of Plastic Film and Sheeting, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia: ASTM D1434-82

Emond, J.P., Castaigne, F., Toupin, C.J. and Desilets, D., 1991, Mathematical Modeling of Gas Exchange in Modified Atrnosphere Packaging, Transaction of the ASAE, 34(1): 239-245.

Fonseca, S.C., Oliveira, A.R. and Brecht, J.K., 2002, Modeling Respiration Rate of Fresh Fruits and Vegetables for Modified Atmosphere Packages: A Review, Journal of Food Engineering, 52: 99–119.

Farber, J.N., Harris, L.J., Parish, M.E., Beuchat, L.R., Suslow, T.V., Gorney, J.R., Garrett, E.H. and Busta, F.F., 2003, Microbiological Safety of Controlled and Modified Atmosphere Packaging of Fresh and Fresh-cut Produce, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2: 142-160.

Hobson, G. and Burton, K., 1989, The Application of Plastic Film Technology to the Preservation of Fresh Horticultural Produce, Professional Horticulture, 3: 20-23.

Phillips, C.A., 1996, Review: Modified Atmosphere Packaging and its Effects on the Microbiological Quality and Safety of Produce, International of Food Science and Technology, 31: 463-479.

Robertson, G., 1993, Food Packaging: Principles and Practice, Marcel Decker, Inc., NY.

Steel, R.G.D. and Torrie, J.H., 1980, Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach, New York: McGraw-Hill

การฉายรังสีแกมมาข้าวหุงสุก
Gamma Irradiation of Cooked Rice

พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์[1] อริศรา ศิรประกาศิต[2] และ อารักษ์ วิทิตธีรานนท์[3]
Sirisoontaralak, P.[1], Sirapragasit, A.[2] and Vititteeranont, A.[3]

Abstract
Gamma irradiation of high amylose cooked rice (Chainart variety, CNT) and low amylose cooked rice (Kao Dawk Mali 105 variety, KDML 105) was conducted at 2-8 kGy. Water activity (Aw) of irradiated cooked rice did not differ from non-irradiated cooked rice, which ranged from 0.93-0.97. Lightness (L*) and redness (a*) of irradiated rice were not significantly different ($p \geq 0.05$) from non-irradiated cooked rice, whereas, yellowness (b*) increased ($p<0.05$) after irradiation. For cooked rice hardness, it decreased ($p<0.05$) after irradiation. Changes of yellowness and cooked rice hardness in CNT cooked rice were obviously depended on irradiation doses. For CNT, panelists gave similar overall acceptability scores for irradiated and non-irradiated rice. However, panelists gave significantly less ($p<0.05$) overall acceptability scores for cooked KDML 105 rice irradiated at 6 kGy. Less acceptability was observed in color and odor. Therefore, optimum dose for cooked rice irradiation was 4 kGy. Non-irradiated and irradiated cooked rice at 4 kGy were subsequently stored at chilling temperature. Yeast and mold were not detected during 6 weeks of storage. Although more total plate count was observed in non-irradiated cooked rice, shelf life of both non-irradiated and 4-kGy irradiated cooked rice was longer than 6 weeks at chilling temperature.
Keywords: Gamma irradiation, cooked rice, qualities, shelf life

บทคัดย่อ
การฉายรังสีแกมมาข้าวหุงสุกที่มีอะมิโลสสูง (พันธุ์ชัยนาท) และข้าวหุงสุกที่มีอะมิโลสต่ำ (พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105) ที่ระดับรังสี 2-8 kGy พบว่าค่า Aw ของข้าวหุงสุกฉายรังสีไม่แตกต่างจากข้าวหุงสุกปกติ โดยอยู่ระหว่าง 0.93-0.97 ค่าความสว่าง (L*) และความเป็นสีแดง (a*) ของข้าวหุงสุกฉายรังสีไม่แตกต่างจากข้าวหุงสุก ($p \geq 0.05$) ในขณะที่ความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ภายหลังการฉายรังสี สำหรับความแข็งของข้าวหุงสุกจะลดลงภายหลังการฉายรังสี ($p<0.05$) โดยความเป็นสีเหลืองและความแข็งของข้าวหุงสุกของข้าวพันธุ์ชัยนาทจะเปลี่ยนแปลงตามระดับของรังสีอย่างชัดเจน ทั้งนี้สำหรับข้าวหุงสุกพันธุ์ชัยนาท ผู้ชิมให้การยอมรับข้าวหุงสุกฉายรังสีไม่แตกต่างจากข้าวหุงสุกปกติ แต่ผู้ชิมให้การยอมรับข้าวหุงสุกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ลดลง ($p<0.05$) เมื่อฉายรังสี 6 kGy โดยผู้ชิมให้การยอมรับน้อยในด้านสีและกลิ่น ดังนั้นระดับรังสีที่เหมาะสมสำหรับการฉายรังสีข้าวหุงสุก คือ 4 kGy จากนั้นนำข้าวหุงสุกและข้าวหุงสุกฉายรังสี 4 kGy มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น พบว่า ไม่พบยีสต์และราในข้าวหุงสุกและข้าวหุงสุกฉายรังสีระหว่างเก็บรักษา 6 สัปดาห์ และแม้ว่าข้าวหุงสุกมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าข้าวฉายรังสี ข้าวหุงสุกและข้าวหุงสุกฉายรังสีมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นมากกว่า 6 สัปดาห์
คำสำคัญ: การฉายรังสีแกมมา ข้าวหุงสุก คุณภาพ อายุการเก็บรักษา

[1] สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ซ. สุขุมวิท 23, เขตวัฒนา, กรุงเทพฯ 10110
[1] Division of Food Science and Nutrition, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University, Soi Sukhumwit 23, Wattana, Bangkok, 10110
[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ซ. สุขุมวิท 23, เขตวัฒนา, กรุงเทพฯ 10110
[2] Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Soi Sukhumwit 23, Wattana, Bangkok, 10110
[3] สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, จตุจักร, กรุงเทพฯ, 10900
[3] Office of Atoms for Peace, Chatuchak, Bangkok, 10900

คำนำ

ข้าวเป็นสินค้าเกษตรที่มีมูลค่าสำหรับทางเศรษฐกิจของประเทศไทย แต่ในปัจจุบันมีความจำเป็นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์และเพื่อสร้างทางเลือกเพราะจากตลาดส่งออกข้าวสารมีคู่แข่งขันที่ต้นทุนต่ำกว่า และเพื่อตอบสนองวิถีการดำรงชีวิตของคนรุ่นใหม่ที่เร่งด่วน ผลิตภัณฑ์อาหารที่สะดวกและให้ความรวดเร็วในการจัดเตรียมประเภทอาหารพร้อมบริโภคแช่เย็นที่มีส่วนประกอบหลักเป็นข้าวหุงสุกจึงการเติบโตอย่างมาก อย่างไรก็ตามอาหารแช่เย็นมักมีอายุการเก็บรักษาสั้น ทำให้มีข้อจำกัดในการกระจายสินค้า การฉายรังสีแกมมา (Gamma Irradiation) เป็นวิธีการถนอมรักษาอาหารทางเลือกหนึ่ง โดยการนำอาหารบรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่เหมาะสมแล้วนำมาอยู่ในสนามรังสีที่แผ่จากสารกัมมันตภาพรังสี ได้แก่ โคบอลต์-60 (Co-60) หรือ ซีเซียม-137 (Cs-137) รังสีแกมมามีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ในอาหาร อาหารฉายรังสีที่ระดับรังสีเฉลี่ยไม่สูงกว่า 10 kGy มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Farkas, 2006) สำหรับอาหารพร้อมบริโภค การฉายรังสีแกมมาสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารพร้อมบริโภคแช่เย็นหรือแช่แข็งหลายชนิด เช่น แซนวิช แฮมและชีส (Lamb และคณะ, 2002) Kimbab ซึ่งเป็นข้าวนึ่งห่อในสาหร่ายทะเลแห้ง (Jo และคณะ, 2005) และขนมปัง หรือ จาปาตี (Urbain, 1986) สำหรับข้าวส่วนใหญ่เป็นการฉายรังสีข้าวเปลือก ข้าวสาร หรือ ข้าวกล้อง เพื่อควบคุมแมลง แต่พบผลกระทบของการฉายรังสีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี คุณสมบัติการหุงต้ม และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหาร (Sirisoontaralak และ Noomhorm, 2006; Sung และคณะ, 2008) ทั้งนี้ระดับของการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับระดับของรังสีที่ใช้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวหุงสุกพันธุ์อะมิโลสสูง (พันธุ์ชัยนาท) และพันธุ์อะมิโลสต่ำ (พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105) ซึ่งนิยมบริโภค เพื่อประเมินระดับรังสีที่เหมาะสม และประเมินอายุการเก็บรักษาของข้าวหุงสุกฉายรังสีเมื่อเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น

อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้าวสารอะมิโลสสูง (พันธุ์ชัยนาท, CNT) และข้าวสารอะมิโลสต่ำ (พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, KDML 105) เติมน้ำกลั่น โดยคำนวณอัตราส่วนข้าวต่อน้ำจากสูตร $W = 1.01 + 0.048A$ (งามชื่นและคณะ, 2536) เมื่อ W = ระดับน้ำหุงต้มที่เหมาะสมคิดเป็นเท่าของน้ำหนักข้าวและ A = % อะมิโลสของข้าวสาร หุงข้าวด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าจนสุก ปิดสวิทช์ จากนั้นทิ้งในหม้อหุงข้าวอีก 15 นาที และทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำข้าวหุงสุกปริมาณ 200 กรัม มาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ปิดปากถุง แช่เย็นก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา ณ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กรุงเทพฯ ด้วยเครื่องฉายรังสี Gamma Cell-220 ซึ่งใช้โคบอลต์-60 เป็นแหล่งของรังสีแกมมา Dose rate เป็น 0.16 KGy/ min ที่ระดับรังสี 2, 4, 6 และ 8 kGy ก่อนที่จะนำตัวอย่างข้าวหุงสุกมาตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (Aw) ค่าสี (ความสว่าง L*, ความเป็นสีแดง a*, ความเป็นสีเหลือง b*) ความแข็งข้าวสุก (cooked rice hardness) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส และเปรียบเทียบค่ากับตัวอย่างข้าวหุงสุกที่ไม่ฉายรังสี (0 kGy) เพื่อเลือกระดับการฉายรังสีข้าวหุงสุกที่เหมาะสม จากนั้นนำข้าวหุงสุกและข้าวหุงสุกที่ฉายรังสีแกมมาระดับรังสีที่เหมาะสม (ประเมินจากการทดลองข้างต้น) มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (5±2°C) เป็นเวลานาน 6 สัปดาห์ โดยในระหว่างการเก็บรักษาทุกสัปดาห์ นำตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ (Total Plate Count และปริมาณยีสต์และรา)

สำหรับวิธีการตรวจสอบคุณภาพข้าวหุงสุก ได้แก่ ***ปริมาณความชื้น*** ประเมินด้วยเตาอบลมร้อนอุณหภูมิ 105°C นาน 16 ชั่วโมง (AACC, 1990) **ค่าสี** ประเมินด้วยเครื่อง BYK Gardner GmbH รุ่น Color Guide Gloss (BYK Gardner GmbH, German) โดยวัดค่า L*, a*, b* ความแข็งของสุก ประเมิน***ความแข็งข้าวสุก***จากค่าแรงสูงสุดในขณะที่ข้าวไหลล้นขึ้นมา หน่วยเป็นนิวตัน (N) จากวิธี Back Extrusion Tests ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (LLOYD Instrument model LRX 5 k, LLOYD Instrument Ltd.) ***คุณภาพทางประสาทสัมผัส*** ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ชิมกึ่งฝึกฝนซึ่งเป็นนิสิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 30 คน โดยประเมินความชอบแบบแบ่งสเกล 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) (1 = ชอบน้อยที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) ***ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count, TPC)*** วิเคราะห์ด้วยวิธี Pour plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) และบ่มอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C) นาน 24 ชั่วโมง และ***ปริมาณยีสต์และเชื้อรา (Yeast and Mold)*** วิเคราะห์ด้วยวิธี Pour plate ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextose Agar (PDA) และบ่มอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C) นาน 5 วัน นับจำนวนโคโลนี รายงานค่าเป็นจำนวนโคโลนี/ตัวอย่าง (cfu/g) สำหรับการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณภาพของข้าวหุงสุกจะวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ One Way ANOVA ด้วย Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 11.5

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

คุณภาพของข้าวหุงสุกอะมิโลสสูง (CNT) และข้าวหุงสุกอะมิโลสต่ำ (KDML 105) ที่ผ่านการฉายรังสี 2-8 kGy เปรียบเทียบกับข้าวหุงสุกที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (0 kGy) (Table 1 และ Table 2) ค่า Aw ของข้าวหุงสุกพันธุ์ CNT ที่ผ่านการฉายรังสีอยู่ระหว่าง 0.93-0.97 ซึ่งไม่แตกต่างจากข้าวหุงสุกปกติ (0.95) ส่วนค่า Aw ของข้าวหุงสุกพันธุ์ KDML 105 ที่ผ่านการฉายรังสีอยู่ระหว่าง 0.95-0.97 ซึ่งไม่แตกต่างจากข้าวหุงสุกปกติเช่นกัน (0.97) สำหรับค่าสี ข้าวหุงสุกทั้งพันธุ์ CNT และ KDML 105 ที่ผ่านการฉายรังสีมีค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีแดง (a*) ไม่แตกต่าง ($p \geq 0.05$) ไม่แตกต่างจากข้าวหุงสุกปกติ ในขณะที่ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของข้าวหุงสุกพันธุ์ CNT เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ตามระดับรังสี โดยค่า b* ของข้าวหุงสุกฉายรังสีตั้งแต่ 2 kGy ขึ้นไปแตกต่างจากข้าวหุงสุกที่ไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับค่า b* ของข้าวหุงสุกพันธุ์ KDML 105 เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) หลังจากฉายรังสี 2 kGy ก่อนจะลดลงเล็กน้อย การเพิ่มขึ้นของค่า b* ของข้าวหุงสุกสอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับข้าวกล้องและข้าวสารที่ผ่านการฉายรังสี (Sabularse และคณะ, 1992; Sirisoontaralak และ Noomhorm, 2006) ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการแตกของพันธะ glycosidic และ peptidic จากการฉายรังสี ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบ carbonyl และ amino ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยา non-enzymatic browning (Maillard reaction) เกิดสารประกอบที่มีสี เมื่อพิจารณาเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก พบว่าความแข็งของข้าวหุงสุกของข้าวพันธุ์ CNT ลดลง ($p<0.05$) ตามระดับรังสี โดยความแข็งของข้าวหุงสุกฉายรังสีตั้งแต่ 2 kGy ขึ้นไปแตกต่างจากข้าวหุงสุกที่ไม่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับความแข็งของข้าวหุงสุกพันธุ์ KDML 05 แม้จะลดลง ($p<0.05$) หลังจากฉายรังสี 2 kGy แต่ไม่เป็นไปตามระดับรังสี การลดลงของความแข็งของข้าวหุงสุกหลังการฉายรังสีสอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับ Sirisoontaralak และ Noomhorm (2006) ซึ่งรายงานว่าข้าวสารฉายรังสีเมื่อหุงสุกจะมีความแข็งลดลง อย่างไรก็ตามผลของการฉายรังสีข้าวหุงสุกและข้าวสารน่าจะแตกต่างกัน สำหรับข้าวหุงสุก การฉายรังสีอาจทำลายโครงสร้างของสตาร์ชในเมล็ดข้าว ทำลายหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอะมิโลสและอะมิโลเปกตินให้เป็นสายตรงที่มีขนาดเล็กลง ทำให้สูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำและองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ของสตาร์ชและโปรตีนไหลออกมา ข้าวหุงสุกที่ผ่านการฉายรังสีเสมือนมีเมือกลื่นเคลือบจึงใช้แรงที่ทำให้ล้นทะลักลดลง ทั้งนี้หากเปรียบเทียบข้าวหุงสุกทั้ง 2 พันธุ์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่า b* และความแข็งของข้าวสุกหลังการฉายรังสีของข้าวหุงสุกอะมิโลสสูง (พันธุ์ CNT) จะเห็นอย่างชัดเจนกว่าข้าวหุงสุกอะมิโลสต่ำ (พันธุ์ KDML 105) ข้าวหุงสุกที่ผ่านการฉายรังสีจะมีการเปลี่ยนแปลงสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รส และเนื้อสัมผัส ทำให้ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับโดยรวมลดลง โดยข้าวหุงสุกพันธุ์ KDML 105 ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมลดลง ($p<0.05$) เมื่อฉายรังสีที่ระดับ 6 kGy ส่วนข้าวหุงสุกพันธุ์ CNT ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมน้อยกว่าข้าวหุงสุกพันธุ์ KDML 105 เนื่องจากเป็นข้าวเนื้อสัมผัสแข็งและไม่มีกลิ่นหอม แต่การฉายรังสีไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างชัดเจนทำให้ผู้ชิมให้การยอมรับไม่แตกต่างจากข้าวหุงสุกปกติ ทั้งนี้หากพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกด้าน พบว่าข้าวหุงสุกทั้ง 2 พันธุ์ที่ผ่านการฉายรังสีได้รับคะแนนด้านสีและกลิ่นค่อนข้างน้อย ดังนั้นหากพิจารณาการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส ระดับรังสีที่เหมาะสมสำหรับการฉายรังสีข้าวหุงสุก คือ 4 kGy

เมื่อนำข้าวหุงสุก (0 kGy) และข้าวหุงสุกฉายรังสี (4kGy) มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (Table 1 และ Table 2) พบว่าไม่พบยีสต์และราในข้าวหุงสุกและข้าวหุงสุกฉายรังสีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นนาน 6 สัปดาห์ สำหรับปริมาณจุลินทรย์ทั้งหมดของข้าวหุงสุกพันธุ์ CNT และ KDML 105 เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.78 *10 cfu/g และ 1.70*10 cfu/g ตามลำดับ สำหรับข้าวหุงสุกฉายรังสีทั้ง 2 พันธุ์ มีปริมาณจุลินทรย์ทั้งหมด <10 cfu/g ตลอดการเก็บรักษา ถึงแม้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของข้าวหุงสุกฉายรังสีจะน้อยกว่าข้าวหุงสุกปกติ แต่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดยังคงต่ำกว่าเกณฑ์การเสื่อมเสียของอาหาร (TPC > 10^5 cfu/g และ เชื้อยีสต์และรา >10^2 cfu/g) ดังนั้นข้าวหุงสุกและข้าวหุงสุกฉายรังสีจึงมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นนานกว่า 6 สัปดาห์

สรุปผล

การฉายรังสีระดับ 2-8 kGy ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า Aw, ค่า L* และค่า a* แต่ทำให้ค่า b* และความแข็งของข้าวหุงสุกลดลง การเปลี่ยนแปลงจะเห็นได้ชัดเจนและเป็นไปตามระดับรังสีในข้าวหุงสุกอะมิโลสสูง (พันธุ์ CNT) ผู้ชิมไม่ชอบสีและกลิ่นของข้าวหุงสุกฉายรังสีจึงให้คะแนนการยอมรับโดยรวมลดลง โดยเฉพาะข้าวหุงสุกอะมิโลสต่ำ (พันธุ์ KDML 105) เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ระดับรังสีที่เหมาะสมคือ 4 kGy และเมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น ข้าวหุงสุกฉายรังสีจะมีอายุการเก็บรักษานานกว่า 6 สัปดาห์

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์เครื่องมือ การวัดระดับรังสี และคำแนะนำในการฉายรังสีจากกองการวัดกัมมันตภาพรังสี สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

Table 1 Qualities of gamma irradiated cooked rice (Chainart variety)

Irradiation dose (kGy)	Aw	Color values			Cooked rice harness (N)	Overall acceptability scores	TPC at 6 wks of storage (cfu/g)	Yeast & Mold at 6 wks of storage (cfu/g)
		L*	a*	b*				
0	0.95	75.80ab	-1.01a	0.76a	40.48d	5.50ab	1.78*10	<10
2	0.96	78.83b	-1.18a	2.27b	32.76bc	5.80ab	-	-
4	0.93	77.15ab	-1.03a	2.73c	34.67c	6.30b	<10	<10
6	0.97	77.92b	-0.83a	2.88c	28.07ab	5.20a	-	-
8	0.96	75.60a	-0.72a	3.47d	27.11a	5.40a	-	-

[1]In a column, mean values with different letters are significantly different at $P<0.05$ by DMRT test.

Table 2 Qualities of gamma irradiated cooked rice (Kao Dawk Mali 105 variety)

Irradiation dose (kGy)	Aw	Color values			Cooked rice harness (N)	Overall acceptability scores	TPC at 6 wks of storage (cfu/g)	Yeast & Mold at 6 wks of storage (log cfu/g)
		L*	a*	b*				
0	0.97	77.53b	-0.69a	5.06a	33.09d	6.95b	1.70*10	<10
2	0.97	78.54b	-0.75a	6.20b	18.65b	6.60b	-	-
4	0.96	77.99b	-0.47a	6.45b	22.03c	7.10b	<10	<10
6	0.97	73.80a	-0.50a	5.73ab	16.92b	5.50a	-	-
8	0.95	76.79b	-0.57a	5.86b	12.99a	5.20a	-	-

[1]In a column, mean values with different letters are significantly different at $P<0.05$ by DMRT test.

เอกสารอ้างอิง

Farkas, J., 2006, Irradiation for Better Foods, Trends in Food Science and Technology, 17: 148-152.

Jo, C., Lee, N.Y., Kang, H.J., Hong, S.P., Kim, Y.H., Kim, J.K. and Byun, M.W., 2005, Inactivation of Pathogens Inoculated into Prepared Seafood Products for Manufacturing Kimbab, Steamed Rice Rolled in Dried Seaweed, by Gamma Irradiation, Journal of Food Protection, 68(2): 396-402.

Lamb, J.L., Gogley, J.M., Thompson, M.J., Solis, D.R. and Sen, S.,2002, Effect of Low-dose Gamma Irradiation on *Staphylococcus aureus* and Product Packaging in Ready-to-eat Ham and Cheese Sandwiches, Journal of Food Protection, 65(11): 1800-1805.

Sabularse, V.C., Liuzzo, J.A., Rao, R.M., Grodner, R.M., 1992, Physicochemical Characteristics of Brown Rice as Influenced by Gamma Irradiation, Journal of Food Science, 57(1): 143–145.

Sirisoontaralak, P., Noomhorm, A., 2006, Changes to Physicochemical Properties and Aroma of Irradiated Rice, Journal of Stored Products Research, 42(3): 264-276.

Sung, W.C., Hong, M.C., Chang, T.S., 2008, Effects of Storage and Gamma Irradiation on (Japonica) Waxy Rice, Radiation Physics and Chemistry, 77(1): 92-97.

Urbain, W.M., 1986, Food Irradiation, Florida: Academic Press, Inc.

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 505-508 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 505-508 (2556)

การใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองตัดแต่งก่อนนำไปทอดแบบสุญญากาศ

Using Anti-browning Agents in Fresh-cut Hom-Thong Banana Before Vacuum-frying

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์[1] นิพร เดชสุข[1] สิรินันท์ พึ่งพา[1] ศุภกร ทิมหอม[1] และ นฤมล สืบสายสิงห์[2]

Vongsawasdi, P.[1], Dejsuk, N.[1], Phuengpa, S.[1], Timhom, S.[1] and Suebsaisich, N.[2]

Abstract

This research was conducted to establish the color standard and types and conditions of anti-browning agents for browning inhibitory of fresh-cut banana. The experiment was divided into 2 steps. Firstly, color standard of fresh-cut Hom-Thong bananas was examined. Sliced-banana (at ripening stage five) were stored at 30±2°C and analyzed for physical, chemical and sensory qualities at 10 minute interval. Results showed that o-quinone index and L* followed first order kinetics and a had linear relations with sensory score and R^2 of 0.9906–0.9882. According to sensorial quality, o-quinone index and L* of fresh-cut banana should not exceed 0.004±0.001 and 65.89±0.02, respectively. Secondly, 3 anti-browning agents, namely ascorbic acid, citric acid and sodium chloride were used to determined effects of concentrations (1%, 3% and 5% w/w) and soaking times (1, 3 and 5 minutes). Results showed that both types of chemical and conditions significantly affected o-quinone index and L* of sliced banana ($p \leq 0.05$). The suitable conditions for browning inhibition was soaking sliced banana in citric acid at concentration of 5% w/w for 1 minute.

Keywords: fresh-cut Hom-Thong banana, enzymatic browning reaction, vacuum frying

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างมาตรฐานระดับการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบ และใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลบนกล้วยหอมทองตัดแต่งเพื่อนำไปสู่การกำหนดสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบก่อนทอด (ในระบบสุญญากาศ) โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นการสร้างมาตรฐานระดับการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทอง ซึ่งทำโดยนำกล้วยหอมทอง (ระยะการสุกที่ 5) มาตัดแต่งและเก็บที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพและประสาทสัมผัสทุก ๆ 10 นาที ผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า o-quinone index และค่า L* เป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 และมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.9906 – 0.9882 โดยกล้วยหอมทองที่มีลักษณะเหมาะสมต่อการแปรรูปขั้นต่อไปจะต้องมีค่า o-quinone index และ L* ไม่เกิน 0.004 ± 0.001 และ 65.89 ± 0.02 ตามลำดับ ส่วนตอนที่ 2 เป็นการศึกษาผลของการแช่สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล 3 ชนิด ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และโซเดียมคลอไรด์ โดยแปรค่าความเข้มข้น (1, 3 และ 5%โดยน้ำหนัก) และระยะเวลาการแช่ (1, 3 และ 5 นาที) จากผลการทดลองพบว่าชนิดของสารและสภาวะที่ใช้ในการแช่มีผลต่อค่า o-quinone index และค่า L* ของกล้วยหอมทองอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้งานคือ การนำกล้วยแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 1 นาที

คำสำคัญ: กล้วยหอมทองตัดแต่ง ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบที่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง การทอดแบบสุญญากาศ

คำนำ

บริษัท กรีนเดย์ โกลบอล จำกัด เป็นบริษัทที่ผลิตผักและผลไม้ทอดกรอบ โดยนำผลผลิตทางการเกษตรภายในประเทศมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าและอายุการเก็บรักษาโดยใช้การทอดภายใต้ระบบสุญญากาศ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงรักษาสี กลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการไว้ได้มากกว่าการทอดทั่วไป สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มียอดการจำหน่ายสูงสุดของบริษัทได้แก่กล้วยหอมทองทอด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มกำลังการผลิต ส่งผลให้มีการรับ

[1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[1] Department of Microbiology, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi

[2] บริษัท กรีนเดย์ โกลบอล จำกัด

[2] Greenday Global Co. Ltd

วัตถุดิบเข้ามาเก็บภายในโรงงานเพิ่มมากขึ้น แต่ในปัจจุบันโรงงานยังขาดมาตรฐานในการตรวจสอบการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทอง อีกทั้งกระบวนการที่ใช้ในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้ในโรงงานยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ ทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ โดยสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นเป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลชนิดที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง จากการค้นคว้าพบว่ามีการใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้หลายชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Pizzocaro et al, 1993; Jiang และคณะ, 2004) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างมาตรฐานระดับการเกิดสีน้ำตาลในวัตถุดิบและหาความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองกับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งศึกษาหาชนิดของสารและสภาวะที่เหมาะสมในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทอง โดยคาดหวังว่าผลที่ได้รับจะทำให้ผลิตภัณฑ์ทอดมีคุณภาพดีสม่ำเสมอ และลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ที่ด้อยคุณภาพลงได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การสร้างมาตรฐานการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองตัดแต่ง

นำกล้วยหอมทองที่ระดับความสุกระยะที่ 5 มาปอกเปลือกและหั่นเป็นแว่นขนาดความหนา 0.40±0.05 มม. จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C) เก็บตัวอย่างทุก ๆ 10 นาที เป็นเวลา 80 นาที เพื่อมาวัดค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Hunterlab, Ultrascan XE/IX7, USA) ค่า o-quinone index (OD_{437}) ตามวิธีของ Degl'Innocenti และคณะ (2007) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีโดยใช้การทดสอบแบบ Hedonic test โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนและมีความชำนาญจำนวน 10 คน ซึ่งตัวอย่างทั้งหมดจะถูกกำหนดรหัสทางสถิติแบบสุ่ม และมีการกำหนดคะแนน 5 ระดับ (5 = ชอบมากที่สุด และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) โดยวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อการแปรรูปจะต้องมีคะแนนการยอมรับไม่ต่ำกว่า 3 คะแนน นำผลการวิเคราะห์ค่าสีและค่า o-quinone index มาศึกษาจลนพลศาสตร์การเกิดสีน้ำตาล และสร้างแผนภาพระดับการเกิดสีน้ำตาลมาตรฐานของกล้วยหอมทองตัดแต่ง จากความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองพารามิเตอร์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การศึกษาหาชนิดและสภาวะที่เหมาะสมของสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลสำหรับกล้วยหอมทองตัดแต่ง

ศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล 3 ชนิด คือกรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก และโซเดียมคลอไรด์ โดยนำกล้วยหอมทองตัดแต่งมาแช่ในสารละลายข้างต้น และแปรค่าความเข้มข้น 3 ระดับ (1%, 3% และ 5%w/w) และระยะเวลาการแช่ 3 ระดับ (1, 3 และ 5 นาที) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ค่า L*, a*, b*และ ค่า o-quinone index เช่นเดียวกับการทดลองแรก นำตัวอย่างทั้งหมดมาทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศและนำมาประเมินลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีโดยใช้การทดสอบแบบ Hedonic test เช่นเดียวกับการทดลองแรก

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างตัวอย่างด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 19.0 for Windows ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสร้างมาตรฐานการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองตัดแต่ง

Figure 1 และ Figure 2 แสดงระดับการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองตัดแต่ง โดยจากผลการทดลองพบว่ากล้วยหอมทองมีค่า o-quinone index และค่า b* เพิ่มขึ้นในขณะที่มีค่า L* ลดลงเมื่อระยะเวลานานขึ้น (ส่วนค่า a* มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก) ซึ่งแสดงว่ามีระดับการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น และเมื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส พบว่ากล้วยได้รับคะแนนการยอมรับลดลง (ไม่ได้แสดงผล) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการตั้งผลไม้ตัดแต่งทิ้งไว้ภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติจะทำให้สารประกอบฟีนอลิกและเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่มีอยู่ผลไม้มีโอกาสสัมผัสกับออกซิเจนและทำปฏิกิริยากันได้มากขึ้น (Martinez และ Whitaker, 1995) โดยพบว่ากล้วยหอมทองตัดแต่งที่ตั้งทิ้งไว้นานกว่าจะมีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้มากกว่า เมื่อนำมาศึกษาจลนพลศาสตร์พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า o-quinone index, ค่า L* และค่า b* เป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 (Table 1) และพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าข้างต้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส (Figure 3) โดยมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.9882-0.9906 และจากเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ว่าวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อการแปรรูปจะต้องมีคะแนนการยอมรับไม่ต่ำกว่า 3 คะแนน ดังนั้นกล้วยที่ผ่านมาตรฐานจะมีค่า o-quinone index ไม่สูงกว่า 0.004±0.003 และค่า L* ไม่ต่ำกว่า 65.89±0.023

Figure 1 Fresh-cut banana stored at 30+2°C for 80 min

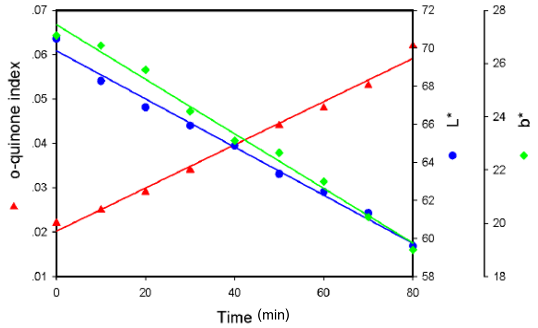


Figure 2 o-quinone index, L* and b* of fresh-cut banana stored at 30+2°C for 80 min

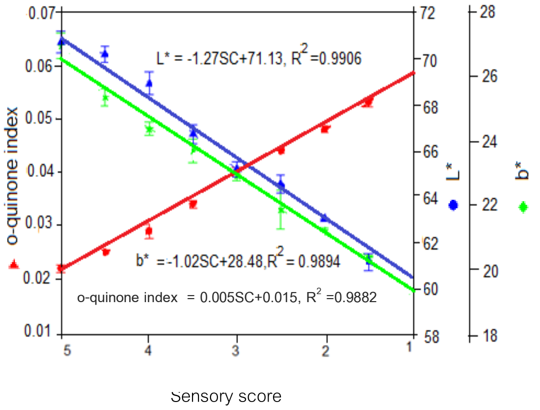


Figure 3 Relationships between o-quinone index, L*, b* and sensory score (SC) of fresh-cut banana stored at 30+2°C for 80 min

Table 1 Kinetics of enzymatic browning reaction of fresh-cut banana stored at 30+2°C for 80 min

Parameter	First order reaction	
	k	R^2
o-quinnone	0.128	0.9914
L*	-0.019	0.9925
a*	0.0002	0.0013
b*	-0.044	0.9831

การศึกษาหาชนิดของสารและสภาวะที่เหมาะสมในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองตัดแต่ง

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารทุกชนิดมากขึ้นและใช้เวลาการแช่นานขึ้นทำให้กล้วยหอมทองมีค่า L* เพิ่มขึ้น (Figure 4) แต่มีค่า o-quinone index (Figure 5) และค่า b* (ไม่ได้แสดงผล) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P*≤0.05) อย่างไรก็ตามการใช้สารละลายกรดแอสคอร์บิก (มีคุณสมบัติเป็น reducing agent (Martinez และ Whitaker, 1995)) ทำให้กล้วยหอมทอง มีสีชมพูแดงภายหลังการทอด (Figure 6) ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกเกิดเป็นสารดีไฮโดร-แอสคอร์บิก ที่มีสีชมพูแดง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ ในขณะที่กล้วยที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (มีคุณสมบัติเป็น enzyme inhibitor (Olubunmi, 2013) จะมีสีคล้ำกว่ากล้วยที่ผ่านการแช่ด้วยกรดซิตริก (มีคุณสมบัติเป็น acidulant (Martinez และ Whitaker, 1995)) (Figure 6) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีที่พบว่ากล้วยที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ มีค่า o-quinone index สูงกว่า และ ค่า L* ต่ำกว่ากล้วยที่ผ่านการแช่ด้วยกรดซิตริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P*≤0.05) สำหรับผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสพบว่าความเข้มข้นและเวลาในการแช่สารละลายมีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P*≤0.05) เช่นกัน (ไม่ได้แสดงผล) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกที่ความเข้มข้น 5%โดยน้ำหนักเป็นเวลา 1 นาที สูงที่สุด โดยได้รับคะแนนในระดับชอบปานกลาง

สรุปผล

ค่า o-quinone index และ ค่า L* มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าคะแนนการยอมรับ โดยมีค่า R^2 ในช่วง 0.9882–0.9906 ส่วนสภาวะที่เหมาะสมในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองตัดแต่งก่อนการนำไปทอด คือการนำกล้วยหอมทองตัดแต่งแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่มีความเข้มข้น 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 1 นาที

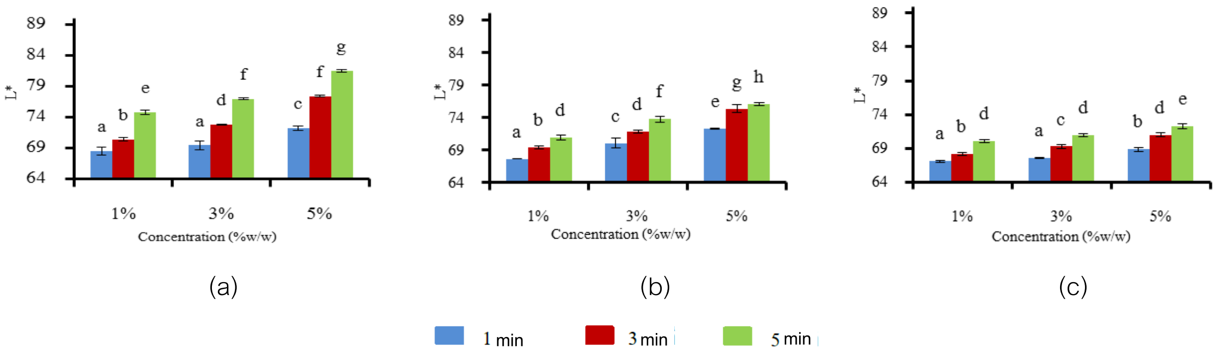


Figure 4 L* value of fresh-cut banana undergone anti-browning compounds at various concentrations and soaking times (a) Ascorbic acid, (b) Citric acid, (c) Sodium chloride

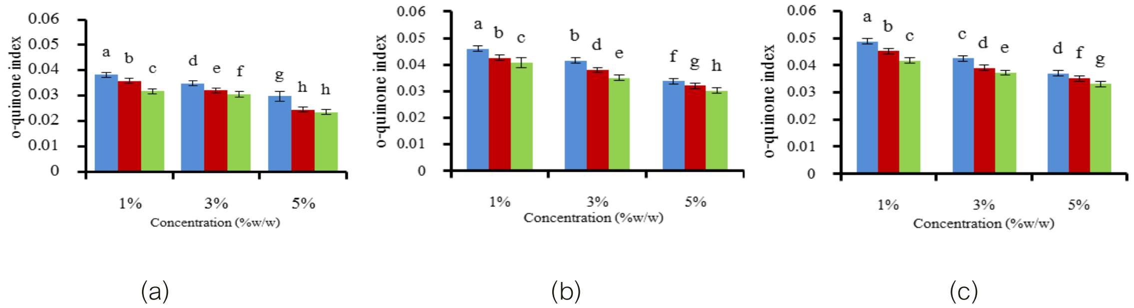


Figure 5 o-quinone index of fresh-cut banana undergone anti-browning compounds at various concentrations and soaking times (a) Ascorbic acid, (b) Citric acid, (c) Sodium chloride

Ascorbic acid

Citric acid

Sodium chloride

Figure 6 Fried fresh-cut bananas experienced different anti-browning solutions at concentration of 5% (by wt) for 1 min

เอกสารอ้างอิง

Degl'Innocenti, E., Pardossi, A., Tognoni, F., and Guidi, L., 2007, Physiological basis of sensitivity to enzymatic browning in 'lettuce','escarole' and 'rocket salad' when stored as fresh-cut products, Food Chemistry, 104: 209–215.

Jiang, Y., Pen, L. and Li, J, 2004, Use of citric acid for shelf life and quality maintenance of fresh-cut Chinese water chestnut, Journal of Food Engineering, 63: 325-328.

Martinez, M.V. and Whitaker, J.R., 1995, The biochemistry and control of enzymatic browning, Trends in Food Science and Technology, 6: 195-200.

Olubunmi, A., 2013, Preliminary studies on polyphenol oxidase activity in plantain (Musa paradisiaca) cultivars, African Journal of Agricultural Research, 8: 366-369.

Pizzocaro, F., Torreggiani, D. and Gilardi, G., 1993, Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride, Journal of Food Processing and Preservation, 17: 21-30.

การพัฒนาสบู่สมุนไพรใสกลีเซอรีนผสมสารสกัดสมุนไพร ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคบริเวณผิวหนัง

Development of Glycerin Clear Natural Herbal Soap Bar with Herbal Extracts Against Antibacterial Activity on Human Skin

สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก[1]
Kongtun Janphuk, S.[1]

Abstract

The development of good quality herbal and medicinal oils and herbal extracts soap bars having antibacterial activity are needed for in order to use on Human skin. This experiment was performed by select four medicinal oils and herbal extracts which were reported to have antibacterial activity; Coconut oil ,Olive oil, Sunflower oil Rice bran oil, Aloe vera, Kaffir Lime, Tamarind, Asiatic pennywort, Guava, and honey bee. The medicinal oils and herbal extracts were obtained and tested for their activities against bacteria causing skin diseases: *Bacillus substilis, Escherichia coli,* and *Staphylococcus epidermidis.* Result showed that all medicinal oils and herbal extracts had significant effect against bacteria. Consequently, the different herbal soap bars were formulated from the mixture of glycerin soap based with medicinal oil and herbal extracts. The formulated natural and chemical surfactant soap bars were then retested for antibacterial activity. All mixtures of medicinal oils and herbal extracts listed above showed high efficiency, except, honey bee. Acidity of the formulated products was measured the pH of formulated natural herbal soap bars with four medicinal oil and herbal extracts was 9.61, 8.58, 9.35 8.94, 8.65, 7.62, 7.21, 7.72, 7.16 and 7.75, respectively.

Keywords: herbal extracts, formula development, herbal plant extract soaps

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตและพัฒนาสบู่กลีเซอรีนใสที่มีส่วนผสมของ สมุนไพร น้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากพืชสมุนไพร โดยการคัดเลือกสมุนไพรเพื่อใช้ในการศึกษา ที่ได้มีรายงานฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะกอก น้ำมันเมล็ดทานตะวัน และน้ำมันรำข้าว และทำการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพร ได้แก่ ว่านหางจระเข้ มะกรูด มะขาม ใบบัวบก ฝรั่ง และน้ำผึ้ง ที่มีผลต่อเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ต่าง ๆ ดังนี้ *Bacillus substilis, Escherichia coli,* และ *Staphylococcus epidermidis* โดยนำสมุนไพรข้างต้น มาทำการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ผิวหนัง และนำสบู่ที่ได้มาทำการทดสอบฤทธิ์ดังกล่าวอีกครั้ง ผลปรากฏว่าสบู่ใสกลีเซอรีนทุกสูตรมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแต่ละชนิดได้ดีแตกต่างกันไป ยกเว้นสบู่ใสกลีเซอรีนสูตรผสมน้ำผึ้ง ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ผิวหนังได้ จากการศึกษาคุณสมบัติความเป็นกรด โดยการวัดค่า pH พบว่ามีค่าเท่ากับ 9.61, 8.58, 9.35 8.94, 8.65, 7.62, 7.21, 7.72, 7.16 และ 7.75 ตามลำดับ

คำสำคัญ: สารสกัดสมุนไพร การพัฒนาสูตร สบู่สมุนไพร

คำนำ

สบู่กลีเซอรีนเป็นสบู่ที่มีกลีเซอรีน (glycerin) เป็นส่วนประกอบ กลีเซอรีนเป็นองค์ประกอบที่ได้จากไขมันหรือน้ำมัน จากคุณสมบัติทางกายภาพของสบู่ที่มีลักษณะเป็นก้อนใส คนทั่วไปมักเรียกสบู่ชนิดนี้ว่า สบู่ใส การผลิตสบู่กลีเซอรีนใช้วิธีเช่นเดียวกันกับการผลิตสบู่ตามปกติ แต่มีการเติมกลีเซอรีน แอลกอฮอล์และน้ำตาลลงไปในกระบวนการทำสบู่ (Grosso, 2007) เพื่อให้ได้ลักษณะทางกายภาพของสบู่ที่ใส เนื่องจากมีปริมาณกลีเซอรีนที่เป็นสารให้ความชุ่มชื้นกับผิวที่สูงกว่าและมีความเป็นด่างที่ต่ำกว่าสบู่ก้อนขุ่น สบู่ใสจึงมักนิยมใช้สำหรับทำความสะอาดผิวหน้า ปัจจุบันมีผู้สนใจผลิตสบู่ทำมือออกมา

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800
[1] Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Pipoonsongkram rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

จำหน่ายเป็นจำนวนมาก ซึ่งผู้ผลิตแต่ละราย ต่างก็มีจุดขายแตกต่างกัน บ้างก็เน้นที่รูปแบบความสวยงามของผลิตภัณฑ์ โดยมีการเติมสีและเล่นลวดลายในสบู่ ส่วนผู้ผลิตหลายรายที่เน้นในเรื่องการใช้งาน โดยมีการเติมสารอื่นๆ เช่น วิตามินอี น้ำหอม หรือสารสกัดสมุนไพรต่างๆ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติที่หลากหลายให้กับสินค้าของตน (Coss, 1998) ในการวิจัยในครั้งนี้ ทางผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกสมุนไพรและทำการสกัดสารสกัดสมุนไพร เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในสบู่ใสกลีเซอรีนเพื่อใช้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคผิวหนัง และทำการหาค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) ของสารสกัดสมุนไพรและสบู่ใสกลีเซอรีนที่ผสมสารสกัดสมุนไพร เพื่อหาสมุนไพรและสารสกัดสมุนไพรที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาสบู่สมุนไพรใสกลีเซอรีน ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคผิวหนังต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สมุนไพรที่นำมาศึกษาได้แก่ น้ำมันมะพร้าว (COO) น้ำมันรำข้าว (RBO) น้ำมันดอกทานตะวัน (SFO) และน้ำมันมะกอก (OLO) จากบริษัทที่ผลิตเพื่อส่งขายตามท้องตลาด และน้ำผึ้ง (HNY) จากโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา มะกรูด (KFL) ฝรั่ง (GWA) บัวบก (CTL) มะขาม (TMR) และว่านหางจระเข้ (ALO) เตรียมน้ำคั้นสมุนไพรมะกรูด, ฝรั่ง, บัวบก, น้ำผึ้ง, มะขาม และว่านหางจระเข้ โดยนำสมุนไพรสดมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นกับน้ำต้มสุกในอัตราส่วน 1:3 โดยน้ำหนัก/น้ำหนัก แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง จะได้น้ำคั้นสมุนไพรสำหรับเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์สบู่ใสกลีเซอรีน โดยเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ATCC 25922, เชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus epidermidis* ATCC 14990 (TISTR 518) และ เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* โดยเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 สายพันธุ์ได้มาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) และทำการทดสอบเชิงปริมาณในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย 3 สายพันธุ์ด้วยวิธี Agar Diffusion Methods โดยใช้ปริมาณสารสกัดที่ 10 µl, 20 µl และ 30 µl เป็นเวลา 5 วัน แล้วทำการทดสอบหาค่า MIC ของสมุนไพรและผลิตภัณฑ์สบู่ใสกลีเซอรีน เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ทั้ง 3 สายพันธุ์ดังกล่าว โดยทำการสังเกตและวัดค่า Inhibition zone

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบ MIC ของสมุนไพรและน้ำมันที่เลือกใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์สบู่สมุนไพรใสกลีเซอรีน ผลที่ได้แสดงใน Table 1 พบว่า น้ำมันมะกอกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *B. subtilis* ได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ $1.25x10^{-2}$ mg/ml น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะกอก น้ำคั้นผลฝรั่ง น้ำคั้นใบบัวบกและน้ำมะขามเปียก สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ดีที่ความเข้มข้นต่ำสุด $25x10^{-2}$ mg/ml และ น้ำมันทานตะวันและน้ำมันมะกอก มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. epidermidis*ได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ $1.25x10^{-2}$ mg/ml

การทดสอบ MIC ของผลิตภัณฑ์สบู่สมุนไพรใสกลีเซอรีนที่มีส่วนผสมของสมุนไพรและน้ำมัน ผลการทดสอบแสดงใน Table 2 ด้วยวิธี Agar Diffusion Methods ซึ่งสังเกตได้จาก Inhibition zone พบว่าที่ความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย 3 สายพันธุ์ได้แก่ *Bacillus subtilis, Escherichia coli* และ *Staphylococcus epidermidis* คือที่ความเข้มข้น $1.25x10^{-2}$ mg/ml และจากการทดสอบพบว่าสมุนไพรและผลิตภัณฑ์สบู่สมุนไพรใสที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สบู่ใสกลีเซอรีนสูตรน้ำมันมะกอก สบู่ใสกลีเซอรีนสูตรน้ำคั้นผลฝรั่ง สบู่ใสกลีเซอรีนสูตรน้ำคั้นผลมะกรูด สบู่ใสกลีเซอรีนสูตรน้ำคั้นมะขามเปียก และ รองลงมาคือสบู่ใสกลีเซอรีนที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ 2 ชนิด คือ สบู่ใสกลีเซอรีนสูตรน้ำมันดอกทานตะวัน สบู่ใสกลีเซอรีนสูตรน้ำมันรำข้าว สบู่ใสกลีเซอรีนสูตรน้ำคั้นว่านหางจระเข้ และสบู่ใสกลีเซอรีนที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้เพียงชนิดเดียวคือ สบู่ใสกลีเซอรีนสูตรน้ำมันมะพร้าว และสบู่ใสกลีเซอรีนสูตรน้ำคั้นใบบัวบก ตามลำดับ และสบู่ใสกลีเซอรีนสูตรน้ำผึ้งไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้แต่ให้คุณสมบัติในทางเพิ่มความชุ่มชื่นให้กับผิวพรรณแทน ค่า pH ของผลิตภัณฑ์สบู่ใสที่ได้จากสมุนไพรทั้ง 10 ชนิดพบว่า น้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันมะกอก มะขาม ฝรั่ง ใบบัวบก ว่านหางจระเข้ มะกรูด และน้ำผึ้ง มีค่า pH ดังนี้ 9.61, 8.58, 9.35, 8.94, 8.65, 7.62, 7.21, 7.72, 7.16 และ 7.75 ตามลำดับ

สรุปผล

สบู่ใสกลีเซอรีนสูตรน้ำคั้นผลฝรั่งสดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีและมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวกาย

Table 1 MICs of Herbal extracts

Bacteria	Maximum Growth Curve	PCA	Herbal extract	MIC (10^{-2} mg/ml)
B. subtilis	11 hrs.	10^{-12}	RBO	25
			SFO	25
			COO	50
			OLO	1.25
			HNY	25
			GWA	25
			KFL	25
			CTL	50
			ALO	25
			TMR	20
E. coli	12 hrs.	10^{-12}	RBO	50
			SFO	50
			COO	25
			OLO	25
			HNY	50
			GWA	25
			KFL	50
			CTL	25
			ALO	50
			TMR	25
S. epidermidis	18 hrs.	10^{-18}	RBO	25
			SFO	1.25
			COO	50
			OLO	1.25
			HNY	50
			GWA	50
			KFL	25
			CTL	50
			ALO	25
			TMR	25

Note: coconut oil (COO) rice bran oil (RBO) sunflower oil (SFO) olive oil (OLO) honey bee (HNY) kaffir lime (KFL) guava (GWA) บัวบก (CTL) tamarind (TMR) aloe vera (ALO)

Table 2 MICs of Herbal soap

Bacteria	Maximum Growth Curve	PCA	Herbal Soap	MIC (10^{-2}mg/ml)
B. subtilis	11 hrs.	10^{-12}	RBO	25
			SFO	50
			COO	50
			OLO	50
			HNY	50
			GWA	25
			KFL	25
			CTL	50
			ALO	50
			TMR	50
E. coli	12 hrs.	10^{-12}	RBO	25
			SFO	50
			COO	25
			OLO	25
			HNY	50
			GWA	50
			KFL	50
			CTL	25
			ALO	50
			TMR	50
S. epidermidis	18 hrs.	10^{-18}	RBO	50
			SFO	50
			COO	25
			OLO	50
			HNY	50
			GWA	1.25
			KFL	25
			CTL	25
			ALO	25
			TMR	1.25

Note: coconut oil (COO) rice bran oil (RBO) sunflower oil (SFO) olive oil (OLO) honey bee (HNY) kaffir lime (KFL) guava (GWA) บัวบก (CTL) tamarind (TMR) aloe vera (ALO)

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณ นางสาวพรรณชญา เทพพิบูล นายอภิรักษ์ บุญวิทยา และนางสาวจุฑามาศก์ แสงไสย์ที่ช่วยทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Coss, M., 1998, The Handmade Soap Book, New Holland (Publisher) Ltd., London, 80 p.

Grosso, A., 2007, The Everything Soapmaking Book: Recipes and Techniques for Creating Colorful and Fragrant Soaps (2nd ed.), Adam Media, Massachusetts, 310 p.

การคลายการพักตัวเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมด้วย Nano/Micro-bubbles

Release of Dormancy in Lettuce Seed by O_2 Nano/Micro-bubbles

ชาลิณี สังขจร[1] วชิราพรรณ มุสิกา[1] วชิราภรณ์ มุสิกา[1] วิศณีย์ โพธิ์หล้า[1] ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1] จาณุลักษณ์ ขนบดี[2] และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1]

Sungkajorn, C.[1], Musika, W.[1], Musika, W.[1], Pola, W.[1], Pongprasert, N.[1], Khanobdee, J.[2] and Photchanachai, S.[1]

Abstract

Seed dormancy is often found in newly harvested seeds. The newly harvested lettuce seeds – 'Grand Rapid', 'Tango' and 'Red Oak' – were used for this experiment. In the first treatment (T), the seeds were soaked in water for 1 h. In the second treatment, the seeds were soaked for 1 h in the treated water. This water was treated by feeding micro/nano-O_2 (MNBs-O_2) bubbles into the water for 15 min and then used for soaking the seeds. In the third and fourth treatments, the seeds were soaked while feeding the MNBs-O_2 bubbles into the water for 5 or 15 min, respectively. The non-treated seeds were used as a control. The results showed that soaking the deeply dormant 'Tango' seeds in water with MNBs-O_2 bubbles enhanced the speed of radicle emergence resulting in greater germination, followed by soaking in water for 1 h. The speed of radicle emergence and germination of 'Red Oak' and 'Grand Rapid' seeds were significantly improved by soaking in the water with or without MNBs-O_2 bubbles compared to the control seeds. The most effective treatment for the dormant 'Red Oak' seeds was soaking the seeds while feeding the MNBs-O_2 bubbles in the water for 5 min. However, the MNBs-O_2 bubbles did not significantly affect the germination of the low dormancy of 'Grand Rapid' seeds. Our results reveal that the MNBs-O_2 bubbles are able to improve germination in these lettuce seeds, and its efficacy is very significant in high dormancy cultivars.

Keywords: Lettuce seed, radicle emergence, germination, nano/micro-O_2 bubbles

บทคัดย่อ

เมล็ดที่เก็บเกี่ยวใหม่มักพบการพักตัวของเมล็ด เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่เก็บเกี่ยวใหม่ พันธุ์ 'Grand Rapid', 'Tango' และ 'Red Oak' มาทดลองดังนี้คือ ทรีตเมนต์ที่ 1 แช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำ 1 ชม. ทรีตเมนต์ที่ 2 แช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำ 1 ชม. โดยน้ำดังกล่าวผ่านการเติมฟองออกซิเจนขนาดไมโครและนาโน (Micro/Nano-O_2; MNBs-O_2) เป็นเวลา 15 นาที ทรีตเมนต์ที่ 3 และ 4 แช่น้ำในขณะที่เติม MNBs-O_2 นาน 5 นาที หรือ 15 นาที ตามลำดับ โดยมีเมล็ดที่ไม่แช่น้ำเป็นชุดควบคุม จากผลการทดลองพบว่า การแช่เมล็ดพันธุ์ 'Tango' ที่พักตัวในน้ำที่เติม MNBs-O_2 สามารถเพิ่มความเร็วในการแทงราก ส่งผลให้เมล็ดงอกเพิ่มขึ้น รองลงมาคือ การแช่น้ำ 1 ชม. สำหรับพันธุ์ 'Red Oak' และ 'Grand Rapid' พบว่าความเร็วในการแทงรากและความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้นในเมล็ดที่แช่น้ำทั้งที่เติมและไม่เติม MNBs-O_2 ทั้งนี้ ทรีตเมนต์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับพันธุ์ 'Red Oak' ซึ่งเป็นพันธุ์ที่พักตัวสูงคือ การแช่เมล็ดในน้ำพร้อมกับการเติม MNBs-O_2 นาน 5 นาที แต่การเติม MNBs-O_2 ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ 'Grand Rapid' ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการพักตัวต่ำ จากการทดลองนี้พบว่า การเติม MNBs-O_2 ทำให้ความงอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่เก็บเกี่ยวใหม่เพิ่มขึ้น โดยประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในพันธุ์ที่มีการพักตัวสูง

คำสำคัญ: เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม การแทงราก การงอก ฟองออกซิเจนขนาดไมโครและนาโน

คำนำ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L) มักพบปัญหาการพักตัวของเมล็ด เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมีการพักตัวของเมล็ดค่อนข้างซับซ้อน โดยเฉพาะเมล็ดที่เก็บเกี่ยวใหม่และระดับการพักตัวในแต่ละพันธุ์จะแตกต่างกัน (Bewley และ Black, 1982) วิธีการคลายการพักตัวหรือกระตุ้นการงอกของเมล็ดผักกาดหอมซึ่งมีรายงานว่า สามารถกระตุ้นการงอกด้วยสารละลาย

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] Postharvest Technology Programme, School of Bioresources and Technology, King Mongkut,s University of Technology Thonburi, Bangkuntein Campus, Bangkok 10150

[2] สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

[2] Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna (RMUTL), Muang, Lumpang 52000

โปแตสเซียมไนเตรท (KNO_3) (ทักษอร และคณะ, 2549) การแช่น้ำร้อน (วัลลพ, 2540) ที่อุณหภูมิของน้ำซึ่งต้องน้อยกว่า 80 องซาเซลเซียส เพราะเมล็ดพันธุ์จะได้รับความเสียหายมากกว่าการทำให้งอก (Patane และ Gresta, 2006) การให้อากาศร่วมกับการแช่เมล็ดพันธุ์ เช่น การแช่เมล็ดพันธุ์ฟักเขียวในน้ำที่เติมฟองอากาศกระตุ้นให้มีความงอกเพิ่มขึ้นมากกว่าการแช่น้ำเพียงอย่างเดียว (นาฏญา, 2548) เทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน (Micro and Nano-Bubble; MNBs) เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายมีสมบัติเด่น คือ มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และมีความคงตัวอยู่ได้นานในตัวกลางที่เป็นของเหลว เพิ่มความสามารถในการละลายของอากาศในของเหลว (Eriksson and Ljunggren, 1999) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา ผลของการแช่เมล็ดผักกาดหอมในน้ำที่เติม MNBs ในรูปของออกซิเจน (O_2) ต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ดผักกาดหอมที่เก็บเกี่ยวใหม่

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่เก็บเกี่ยวใหม่จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ 'Grand Rapid', 'Tango' และ 'Red Oak' ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากสถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง นำมากระตุ้นการงอกดังนี้ 1) แช่น้ำ 1 ชม. 2) แช่น้ำที่ผ่านการเติม Micro/Nano-O_2 (MNBs) เป็นเวลา 15 นาที 3) และ 4) แช่น้ำในขณะที่เติม MNBs-O_2 5 นาที และ 15 นาที 5) เมล็ดที่ไม่แช่น้ำ (ชุดควบคุม) หลังจากนั้น นำเมล็ดทั้งหมดมาเพาะบนกระดาษเพาะที่ชุ่มน้ำในกล่องพลาสติกปิดฝาจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด วางไว้ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความงอก (Germination percentage) ตามข้อกำหนดของ ISTA (2008) และเปอร์เซ็นต์การแทงราก (Radical emergence percentage) ตามวิธีของ ISTA (2007) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีตเมนต์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การแช่เมล็ดผักกาดหอมพันธุ์ 'Tango' ในน้ำที่เติม MNBs-O_2 (ทรีตเมนต์ 2-4) ทำให้เมล็ดแทงรากเร็วขึ้น และงอกเพิ่มขึ้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์รองลงมาคือ แช่น้ำ 1 ชม. (Figure 1A) และ (Figure 2D) โดยเมล็ดชุดควบคุมแทงรากช้ากว่าและงอกน้อยกว่า ทั้งนี้เพราะการแช่น้ำทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนนุ่มเมื่อนำไปเพาะจึงส่งผลให้น้ำและอากาศผ่านเข้าไปภายในเซลล์ของต้นอ่อน (คัพภะ) ได้ดีและเร็วกว่า นอกจากนี้ การให้ MNBs-O_2 ช่วยส่งเสริมการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดียิ่งขึ้นจึงทำให้เมล็ดพันธุ์ 'Tango' ที่แช่น้ำพร้อมกับการ MNBs-O_2 มีศักยภาพในการแทงรากและการงอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าพันธุ์ 'Tango' มีการพักตัวเนื่องจากเปลือกเมล็ดและ/หรือเยื่อหุ้มคัพภะกีดขวางการดูดซับน้ำและการเข้าออกของออกซิเจน สำหรับพันธุ์ 'Red Oak' และ 'Grand Rapid' พบว่า เมื่อแช่เมล็ดในน้ำทั้งที่เติมและไม่เติม MNBs-O_2 เมล็ดแทงรากเร็วและความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับพันธุ์ 'Red Oak' คือ การแช่เมล็ดในน้ำพร้อมกับการเติม MNBs-O_2 นาน 5 นาที (Figure 1B) และ (Figiure 2E) แสดงว่าเปลือกเมล็ดและ/หรือเยื่อหุ้มคัพภะไม่ยอมให้อากาศซึมผ่าน จึงทำให้ภายในเมล็ดได้รับออกซิเจนเพื่อใช้ในการหายใจในปริมาณน้อยหรือไม่ได้รับเลย (วันชัย, 2538) เช่นเดียวกันกับการแช่เมล็ดพันธุ์ฟักเขียวพร้อมกับการให้ฟองอากาศอย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมการงอกได้ดีกว่าการแช่น้ำเพียงอย่างเดียว (นาฏญา, 2548) ดังนั้น การเติม MNBs-O_2 ในน้ำเพื่อใช้ในการแช่เมล็ดช่วยให้ออกซิเจนแพร่เข้าสู่เมล็ดได้มากขึ้น เพราะฟองอากาศที่มีขนาดเล็กและจำนวนมหาศาล มีความสามารถละลายหรือแทรกตัวในตัวกลางของเหลว เช่น น้ำ ได้มากกว่าสภาวะปกติหลายเท่าตัว และทำให้มีแรงลอยตัวต่ำ ทำให้การลอยขึ้นสู่ผิวน้ำช้ากว่าฟองอากาศทั่วไป นอกจากนี้ ที่ผิวของฟองอากาศยังมีประจุลบอ่อน ๆ ล้อมรอบ ทำให้ไม่รวมตัวกันเป็นฟองขนาดใหญ่ จึงอยู่ในของเหลวหรือน้ำได้นานกว่าสภาวะปกติ (http://www.jrhealthcare.co.th) ทำให้ฟองออกซิเจนมีโอกาสในการซึมผ่านเปลือกและเยื่อหุ้มคัพภะได้มากขึ้น จึงส่งเสริมให้ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจ และกระบวนการเมตาบอลิซึมที่ต้องใช้ออกซิเจนภายในเมล็ดเกิดเร็วขึ้น เกิดการย่อยสลายสารอาหาร สร้างพลังงาน และสังเคราะห์สารที่จำเป็นและเคลื่อนย้ายสารอาหารเพื่อพร้อมสำหรับการเจริญเติบโตของเอมบริโอ (Copeland และ McDonald, 1995) เมล็ดที่มีการพักตัวอันเนื่องจากปัญหาการซึมผ่านของ

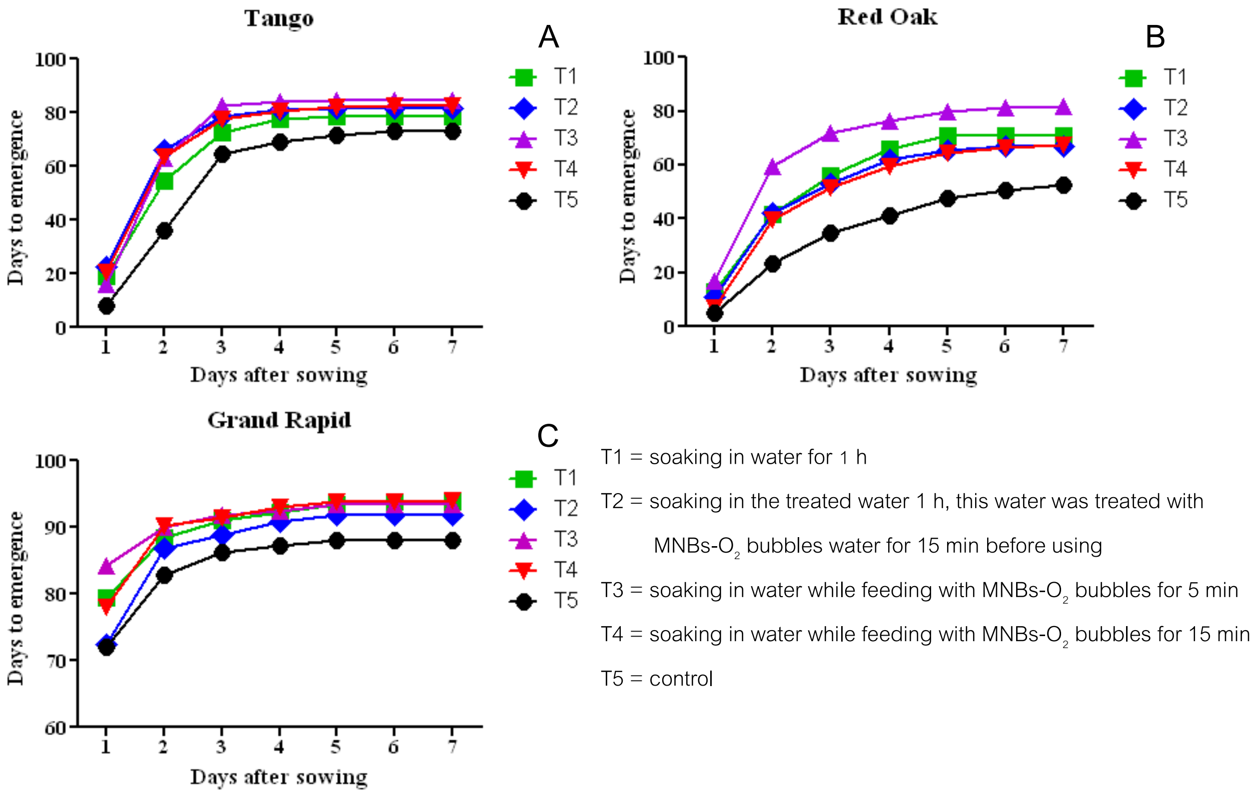


Figure 1 Radical emergence percentage of 'Tango' (A) 'Red Oak' (B) and 'Grand Rapid' (C) seeds soaking in water with or without MNBs-O_2

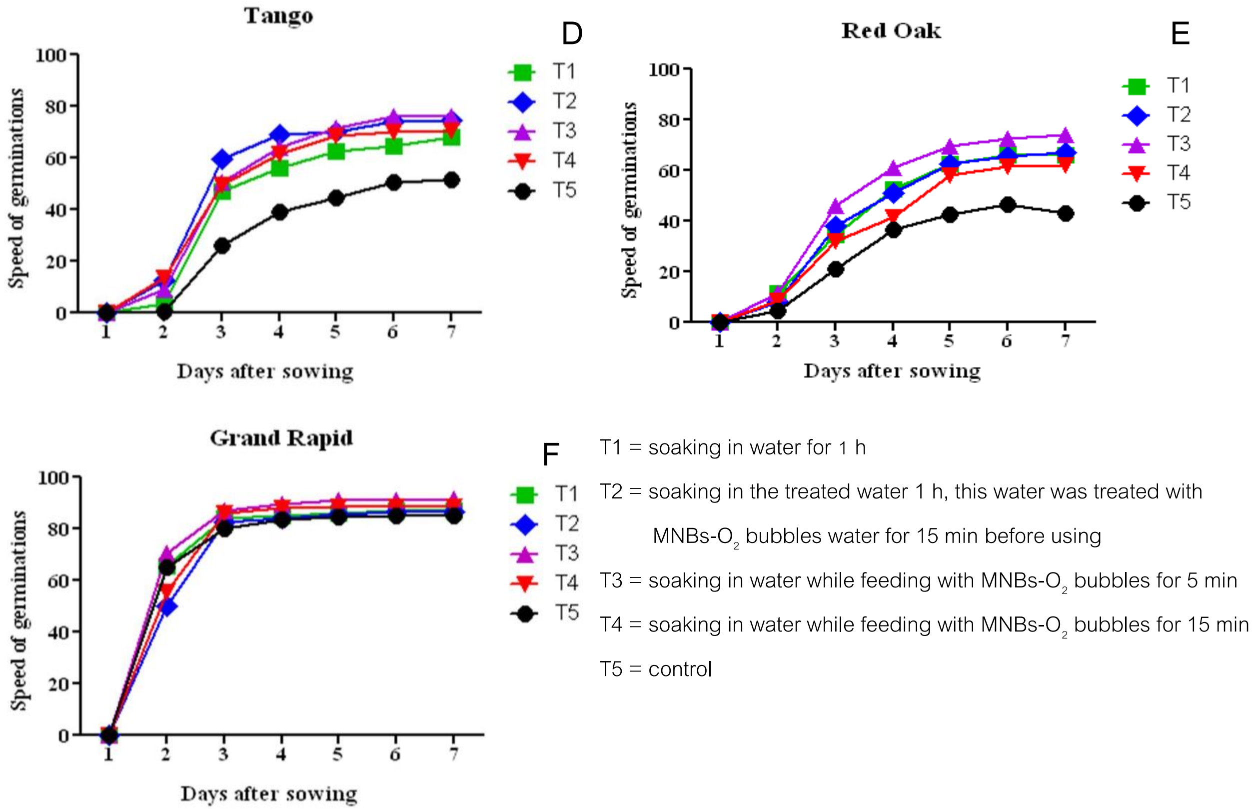


Figure 2 Germination percentage of 'Tango' (D) 'Red Oak' (E) และ 'Grand Rapid' (F) seeds soaking in water with or without MNBs-O_2

อากาศไม่ได้ จึงแทงรากได้เร็วขึ้น และมีความงอกเพิ่มขึ้น แต่การเติม MNBs-O_2 อย่างต่อเนื่องนานเกินไป (15 นาที) อาจทำให้สภาพน้ำมีความเป็นกรด-ด่างมากเกินไป ส่งผลให้เมล็ดเกิดความเครียดจากสภาวะที่มีออกซิเจนมากซึ่งพบในพันธุ์ 'Red Oak' อย่างไรก็ตาม การเติม MNBs-O_2 ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ 'Grand Rapid' ทั้งนี้น่าจะเนื่องจาก 'Grand Rapid' เป็นพันธุ์ที่พักตัวน้อยกว่าพันธุ์อื่น ๆ (Figure 1C) และ (Figure 2F)

สรุปผล

การเติม MNBs-O_2 ในน้ำมีประสิทธิภาพในการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม โดยเฉพาะพันธุ์ที่พักตัวมาก ดังนั้น การนำเทคโนโลยีเติม MNBs-O_2 เพื่อกระตุ้นและเพิ่มการงอกของเมล็ดพันธุ์จึงเป็นประโยชน์ต่อธุรกิจการผลิตผัก และการผลิตต้นอ่อน ทั้งนี้ ควรมีการศึกษาในเชิงลึกเกี่ยวกับการพัฒนาระบบ ตลอดจนระยะเวลาในการแช่เมล็ดที่เหมาะสมในแต่ละพันธุ์และชนิดพืชต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ทักษอร บุญชู รัตนา มณี เดือนเต็ม ลอยมา และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, 2549, ผลของน้ำอุ่นและโปแตสเซียมไนเตรทต่อการคลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์แฟง, วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร,37,(5), 195-198.

นาฏญา โสภา, 2548, การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ฟักเขียวโดยวิธี Hydropriming, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 25-41.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2538, สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 213 หน้า.

วัลลพ สันติประชา, 2540, เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์, ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 227 หน้า.

Bewley, J.D., M. Black, 1982, Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination, 1. Seed Viability, Development Germination and Growth, Springer-Verlay, Berlin, Heidelberge, New York.

Copeland L.O. and McDonald M. B., 1995, Seed Science and Technology, Chapman&Hall. New York., 409.

Eriksson, J.C. and S. Ljunggren, 1999, On the Mechanically Unstable Free Energy Minimum of a Gas Bubble Which is Submerged in Water and Adheres to a Hydrophobic Wall. Colloids and Surfaces., 159: 159–163.

ISTA, 2007, International Rules for Seed Testing Edition, published by The International Seed Testing Association, Switzerland.

ISTA, 2008, International Rules for Seed Testing Edition, published by The International Seed Testing Association, Switzerland.

J R HEALTHCARE CO., LTD, What is Nano Bubble [online], Available: http://www.jrhealthcare.co.th, [2013 October 16]

Patane, C. and Gresta, F., 2006. Germination of *Astragalus hamosus* and *Medicago orbicularis* as Affected by Seed-Coat Dormancy Breaks Techniques, Journal of Arid Environments., 67: 165-173.

การผลิตไบโอดีเซลจากไขแพะโดยใช้ตัวทำละลายร่วม

Biodiesel Production from Goats Fat with Co-solvent

สุรัญ ชินพัฒนวานิช[1] รัตนชัย ไพรินทร์[1] และ ศิริชัย เทพา[1]

Chinputtanawanich, S.[1], Pairintra, R.[1] and Thepa, S.[1]

Abstract

This research was a feasibility study of biodiesel production from tallow, materials used the goat fat was extracted into oil by rendering and added toluene is co-solvent with transesterification reaction, sodium hydroxide as a catalyst. Main parameters were molar ratio of methanol to oil, temperature, amount of catalyst and co-solvent. The results showed that the optimal reaction conditions without co-solvent were obtained by this experiment were methanol/oil mole ratio at 12:1 at 50°C, catalyst amount 0.75 wt% and reaction time 60 minutes. Under the optimum conditions, yield of methyl esters more than 99.9% and condition of methanol/oil mole ratio less than 9:1, the reaction was incomplete, Therefore the addition of co-solvent reduced viscosity in transesterification reaction for increased the dissolution between oil and alcohol, the reaction was complete by toluene is co-solvent ratio at 1:1 (v/v) of alcohol, it gave methyl esters more than 84%. Therefore co-solvent is possible in used with materials is solidifies in biodiesel production.

Keywords: biodiesel, goat fat, co-solvent, transesterification

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไบโอดีเซลจากไขมันสัตว์ วัตถุดิบที่ใช้ คือ ไขมันแพะ สกัดน้ำมันด้วยวิธีการเจียว และใช้โทลูอีนเป็นตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวแปรที่จะศึกษาคือ สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน อุณหภูมิ ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา เวลา และตัวทำละลายร่วม ผลการทดลองพบว่า ภาวะเหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากไขมันแพะโดยไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม คือ ที่อัตราส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 60 นาที จะได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์มากกว่าร้อยละ 99.9 และเมื่อใช้สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่ต่ำกว่า 9:1 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์เป็นไขง่ายจึงลดความเป็นไขลงด้วยการเติมตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้โทลูอีนเป็นตัวทำละลายที่อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตรแอลกอฮอล์ เพื่อเพิ่มการละลายระหว่างน้ำมันกับแอลกอฮอล์ให้ดีขึ้น ปฏิกิริยาที่ได้สมบูรณ์จะได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นมากกว่าร้อยละ 84 จึงมีความเป็นไปได้ในการนำตัวทำละลายร่วมมาใช้กับวัตถุดิบที่เป็นไขง่ายที่อุณหภูมิห้องในการผลิตไบโอดีเซล

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล ไขมันแพะ ตัวทำละลายร่วม ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

คำนำ

เนื่องจากพลังงานมีความสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทั้งในด้านการคมนาคม ด้านอุตสาหกรรม และด้านการเกษตรก็เช่นเดียวกันที่ใช้พลังงานจากน้ำมันดีเซลอีกทั้งอนาคตราคาน้ำมันดีเซลอาจพุ่งสูงขึ้นก็เป็นไปได้ถ้าภาครัฐยกเลิกการเก็บเงินเข้ากองทุนน้ำมัน ประเทศไทยจึงต้องหาวัตถุดิบที่จะมาแปลงเป็นพลังงานทดแทนน้ำมันดีเซลซึ่งจะต้องเป็นวัตถุดิบที่หาง่ายในภูมิภาค ราคาไม่แพง และสร้างความมั่นคงให้กับชุมชน ไบโอดีเซลจึงเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่ได้จากการเกษตรซึ่งสอดคล้องกับสภาพความเป็นอยู่ของประเทศไทยที่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม (Phalakornkule และคณะ, 2009) วัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตไบโอดีเซลนั้นได้มาจากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ วัตถุดิบที่ได้จากพืชปัจจุบันประเทศไทยใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบหลักแต่ต้องประสบปัญหาเรื่องราคาวัตถุดิบ และไม่เพียงพอต่อการบริโภค วัตถุดิบที่ได้จากไขมันสัตว์ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากน้ำมันจากไขมันสัตว์มีความหนืดมาก และเป็นไขที่อุณหภูมิห้องจึงต้องแก้ปัญหาจุดนี้ก่อน จึงได้มีการนำสารตัวทำละลายมาช่วยลดความหนืดของน้ำมันสัตว์ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้โดยทั่วไป โดยอาศัยหลักการที่ว่าน้ำมัน และไขมัน

[1] คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[1] School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi 126 Pracha-utid Road Bangmod Toongkru, Bangkok 10140

สามารถละลายได้โดยตัวทำละลายไขมันและน้ำมัน โดยตัวไขมันและน้ำมันจะไม่ละลายในน้ำแต่จะละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ (Ataya และคณะ, 2006) โดยปกติการผลิตไบโอดีเซลจากไขมันสัตว์นิยมใช้น้ำมันหมู น้ำมันโค หรือ น้ำมันไก่ เพราะวัตถุดิบหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไปแต่ไขมัน และน้ำมันไม่ใช่อาหารหลักที่นำมาบริโภคจึงเหลือทิ้งมาก แต่ยังมีสัตว์อีกชนิดหนึ่งที่เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่น่าจับตามองนั้นคือ แพะ นอกจากเนื้อนำมาบริโภค นมแพะยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพ และหนังก็นำมาใช้ทำเครื่องหนัง ส่วนไขมันแพะยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์และยังไม่มีการนำมาใช้ผลิตเป็นไบโอดีเซล ในด้านการนำไปใช้แม้ว่าไขมันแพะจะไม่เป็นที่นิยมในการผลิตไบโอดีเซลเพราะไขมันแพะยังหายากอยู่ในบางพื้นที่ แต่ไขมันแพะก็มีสมบัติที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งเป็นวัตถุดิบอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถเพิ่มมูลค่า และสร้างความมั่นคงในชุมชนได้ดีกว่าการนำไปทิ้งโดยที่ไม่เกิดประโยชน์อะไร

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ไขมันแพะที่หาได้จากแหล่งชุมชนเขตทุ่งครุรอบๆ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไขมันแพะที่ได้ไม่เป็นที่นิยมนำมาบริโภคจึงไม่มีประโยชน์ทางฟาร์มจึงทิ้งและให้โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายใดๆ โดยไขมันแพะที่ได้นำมาเจียวด้วยความร้อนเพื่อนำน้ำมันออกมาจากไขมัน สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เมทานอลเป็นสารตั้งต้น โทลูอีนเป็นตัวทำละลายร่วม

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันแพะด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยตวงน้ำมันแพะใส่กระบอกตวงปริมาตร 30 มิลลิลิตร ใส่ในขวดสามคอแล้วอุ่นใน water bath ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยาที่ 50, 55 และ 60 องศา-เซลเซียส เป็นการอุ่นน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยา ตัวเร่งปฏิกิริยาใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 0.5, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนักและใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันแพะ 6:1, 9:1 และ 12:1 เพื่อหาภาวะที่เหมาะสม และชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์เทใส่ในเมทานอลที่ตวงไว้ในขวดผสมสารที่มีฝาปิด ปิดเพื่อป้องกันการระเหยของเมทานอลแล้วกวนด้วยแท่งแม่เหล็กจนกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์จะละลายจนหมด ค่อยๆ เทสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในเมทานอลลงในขวดสามคอที่มีน้ำมันแพะอยู่ในขวด แล้วกวนผสมด้วยความเร็วคงที่ จากนั้นจับเวลาที่ 30, 45 และ 60 นาที ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาจะต้องปิดจุกที่คอให้มิดเพื่อป้องกันการระเหยของเมทานอล เก็บตัวอย่างทุกช่วงเวลาด้วยปิเปตใส่หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร แล้วหยุดปฏิกิริยาด้วยกรดอะซีติก จนไบโอดีเซลมีค่า pH ประมาณ 7 ปล่อยให้แยกชั้นเป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง หรือ 1 คืน เมื่อสารละลายแยกตัวเป็น 2 ชั้น แยกกลีเซอรีนที่อยู่ชั้นล่างออกไป จากนั้นนำชั้นบนที่เป็นไบโอดีเซลที่ได้ไปล้างด้วยน้ำอุ่นอุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส โดยล้างไบโอดีเซลจนกว่าน้ำหลังล้างจะมีค่า pH ประมาณ 7 แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 คืน ให้ชั้นน้ำล้างกับชั้นไบโอดีเซลแยกตัวเป็น 2 ชั้น แยกน้ำออกไป นำชั้นไบโอดีเซลที่ได้ใส่โซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัสเพื่อกำจัดน้ำที่อาจเหลืออยู่ในน้ำมันแล้ววิเคราะห์ร้อยละการเกิดเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง HPLC

การใช้ตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ตัวทำละลายร่วมที่ใช้จะต้องเป็นสารที่สามารถละลายได้ทั้งน้ำมันและเมทานอล จึงเลือกใช้ตัวทำละลายโทลูอีนเนื่องจากโทลูอีนถูกใช้เป็นตัวทำละลายเคลื่อนที่ของเครื่อง HPLC และโทลูอีนยังมีสมบัติเป็นสารกึ่งมีขั้วจึงสามารถเหนี่ยวนำให้โมเลกุลของส่วนที่มีขั้วและไม่มีขั้วของน้ำมันกับเมทานอลสามารถละลายเข้ากันได้ นอกจากนั้นยังช่วยลดความเป็นไขของน้ำมันก่อนนำไปทำปฏิกิริยาได้อีกด้วย ทำให้โมเลกุลของเมทา-นอลกับโมเลกุลน้ำมันมีโอกาสชนกันทำให้เกิดปฏิกิริยามากขึ้น การทดลองนี้ดัดแปลงวิธีจาก (Krisnangkura และ Simamaharnnop, 1992) โดยจะใช้โทลูอีนต่อเมทานอลอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร จะไม่ใช้สัดส่วนที่มากกว่า 1:1 เนื่องจากจะเป็นการเจือจางสารตั้งต้น และเพิ่มค่าใช้จ่ายในการผลิต ซึ่งโทลูอีนที่ตวงได้ปริมาตรที่เหมาะสมแล้วนำไปผสมกับน้ำมันก่อนแล้วนำไปทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน วิเคราะห์ร้อยละการเกิดเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง HPLC

การวิเคราะห์ร้อยละการเกิดของเมทิลเอสเทอร์ ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ติดตั้งเครื่องตรวจวัดแบบอีแวพพอเรทีฟไลท์สแคทเทอริ่ง (Evaporative Light Scattering Detector; ELSD) รุ่น Sedex 55 คอลัมน์ชนิด size exclusion ขนาดคอลัมน์ 7.08 x 300 mm บรรจุด้วยโพลิเมอร์ขนาด 5 µm ความพรุน 100^{o}A ยี่ห้อ Phenogel ของบริษัท Phenomenex ประเทศ สหรัฐอเมริกา

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

วิธีการสกัดน้ำมันออกจากไขมันแพะจะใช้วิธีการเจียวโดยการนำไขมันแพะน้ำหนักประมาณ 50 กรัม นำมาเจียวด้วยความร้อนจะได้น้ำมันประมาณ 70% กากไขมันประมาณ 20% ของไขมันแพะที่นำมาเจียว น้ำมันที่ได้นำวิเคราะห์หาค่ากรดไขมันอิสระด้วยการไตรเตรทตามมาตรฐาน ASTM D5555-95 ก่อนที่จะนำไปผลิตเป็นไบโอดีเซล ค่ากรดไขมันอิสระที่ได้มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 1 จึงไม่ต้องปรับคุณภาพน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยาปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

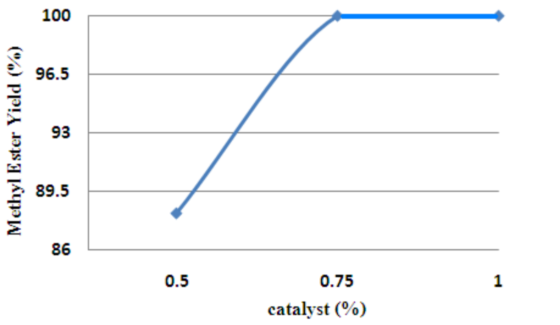


Figure 1 Methanol/oil mole ratio at 12:1, at 50°C, 1hr without co-solvent.

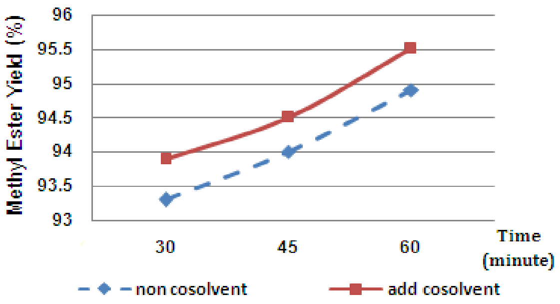


Figure 2 Methanol/oil mole ratio at 9:1, Catalyst 0.5%, at 55°C

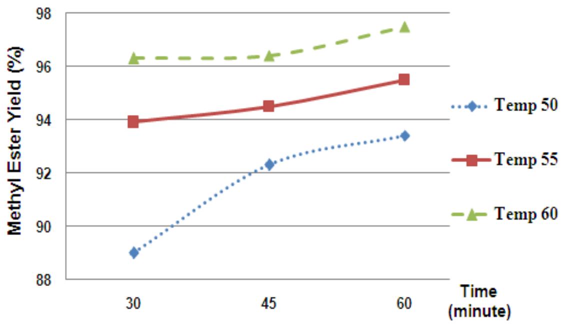


Figure 3 Methanol/oil mole ratio at 9:1, Catalyst 0.5%, mix with co-solvent.

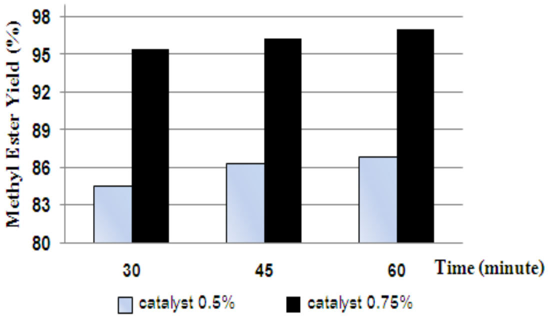


Figure 4 Methanol/oil mole ratio at 6:1, at 50°C, mix with co-solvent.

พบว่าจาก Figure 1 สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 เป็นสัดส่วนที่เพียงพอกับการเกิดปฏิกิริยาจึงไม่จำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันซึ่งปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดมากกว่า 99.9% โดยเป็นปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ จาก Figure 2 เป็นสัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 ที่ปริมาณความเข้มข้นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 0.5% อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิด 93.3, 94.0 และ 94.9% มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ (Ma และ Hanna, 1998) ที่ทดลองที่ภาวะเดียวกันปริมาณเมทิลเอสเทอร์จะเพิ่มขึ้นตามเวลา เมื่อนำตัวทำละลายโทลูอีนมาใช้ร่วมในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเค-ชันจะช่วยให้การละลายระหว่างเมทานอลกับน้ำมันมีมากขึ้น มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาเป็นเมทิลเอสเทอร์มากขึ้น ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้น 93.9, 94.5 และ 95.5% ที่เวลา 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ สามารถเพิ่มปริมาณเมทิลเอสเทอร์ขึ้นกว่าเดิมประมาณ 0.5% เมื่อเพิ่มอุณหภูมิปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นจะเพิ่มตามอุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะช่วยเพิ่มการชนกันของโมเลกุลสารตั้งต้นทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น จาก Figure 3 พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 50 จนถึง 60 องศา-เซลเซียส ที่เวลา 60 นาที ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นเพิ่มจากเดิมประมาณ 2% แต่ที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 ปริมาณเมทานอลไม่เพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยา ทำให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ระหว่างทำปฏิกิริยาน้ำมันจะหนืดเมื่อปล่อยทิ้งไว้จะเกิดเป็นไข จึงต้องใช้โทลูอีนผสมเพื่อช่วยลดความเป็นไขก่อนแล้วจึงนำไปทำปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน จาก Figure 4 พบว่าที่สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.5% และ 0.75% ตัวทำละลายโทลูอีนต่อเมทานอล 1:1 โดยปริมาตร จะทำให้โอกาสในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันกับเมทานอลมากขึ้น ปฏิกิริยาสมบูรณ์ขึ้นเกิดเมทิลเอสเทอร์ปริมาณมากกว่า 84% ดังนั้นตัวทำละลายร่วมจึงจำเป็นสำหรับในการทำปฏิกิริยาที่ไม่สมบูรณ์ให้เกิดเป็นปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ขึ้นมาได้

สรุปผล

ไขมันแพะเมื่อนำมาเจียวสกัดเป็นน้ำมันจะได้ปริมาณน้ำมันถึง 70% ภาวะที่เหมาะสมกับการนำไปผลิตเป็นไบโอดีเซลโดยที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.75% เป็นเวลา 60 นาที เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากไขมันแพะเพราะปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ได้มากกว่า 99.9% ลักษณะน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้มีสีใส เมื่อนำตัวทำละลายร่วมมาใช้ในปฏิกริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันที่ปริมาณเมทิลเอสเทอร์น้อยกว่า 98% เพื่อเพิ่มการละลายน้ำมันและเมทานอล และปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ได้มากกว่าการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแบบไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมเพียง 0.5% แต่การใช้ตัวทำละลายร่วมจะเหมาะสมสำหรับอัตราส่วนโดยเมทานอลต่อน้ำมันที่น้อยกว่า 9:1 โดยที่อัตราส่วนโดยเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 ปฏิกิริยาที่เกิดไม่สมบูรณ์ไม่เกิดการแยกชั้นของน้ำมันและกลีเซอรีน เมื่อใช้ตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาน้ำมันจะเกิดการแยกชั้นขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาที่ได้จะสมบูรณ์ ดังนั้นการใช้ตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยานั้นสามารถทำให้ปฏิกิริยาที่ไม่สมบูณ์เป็นปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ได้ที่สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันน้อยๆ จึงเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการใช้เมทานอล และการใช้วัตถุดิบที่เป็นไขง่ายที่อุณหภูมิห้องมาผลิตเป็นไบโอดีเซล แต่ไบโอดีเซลที่ผลิตโดยการใช้ตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันนั้นน่าจะมีการศึกษาตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีโครงสร้างคล้ายแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ฟังก์ชันแอลคอกซี (R-O-R’) เป็นส่วนประกอบ และการศึกษาการนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลจริงๆ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ สาขาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องทุนสนับสนุนในงานวิจัย ขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีสายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีไขมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ และอุปกรณ์ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Ataya, F., Dube, M.A. and Ternan, M., 2006, Single-Phase and Two-Phase Base-Catalyzed Tranesterification of Canola Oil to Fatty Acid Methyl Esters at Ambient Conditions, American Chemical Society, 45(15): 5411-5417.

Krisnangkura, K. and Simamaharnnop, R., 1992, Continuous Transmethylation of Palm Oil in an Organic Solvent, Journal of the American Oil Chemists' Society, 69(2):166-169.

Ma, F. and Hanna, A.M., 1998, Biodiesel production a review, Journal of Bioresource Technology, 70(1): 1-15.

Phalakornkule, C., Petiruksakul, A. and Puthavithi, W., 2009, Biodiesel Production in a Small Community: Case Study in Thailand, Resources, Conservation and Recycling, 53:129-135.

การทดสอบคุณภาพข้าวเหนียวนึ่งที่แช่ด้วยสารส้ม

Evaluation of Cooked Glutinous Rice Quality Soaked in Alum

วชิราพรรณ มุสิกา[1] วชิราภรณ์ มุสิกา[2] และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1]

Musika, W.[1], Musika, W.[2] and Photchanachai, S.[1]

Abstract

Food products as well as glutinous cooked rice are often found to be contaminated with alum. The aim of this research was to study the effects of alum on cooked glutinous rice quality. The aged glutinous rice with 3.8% amylose content was soaked in water for 2 h, and then subsequently soaked in water containing 1 and 3% alum (W/V) for 30 min. The rice soaked in water for 2.5 h was used as a control sample. All tested rice was completely washed before steaming. The cooked rice was evaluated after cooling at room temperature (28-30 °C) for 2 and 4 h. The alum significantly bleached out the colour, indicated by lower b* value and reduced hardness of cooked rice. However, it increased the stickiness of cooked rice compared to the control sample. The 3% alum was more effective. Additionally, the sensory evaluation by the 9-points hedonic scale showed that the brightness, whiteness and stickiness of cooked rice treated with the alum were significantly greater compared to the control. But, the hardness was found to be lower. The strongest off odor was detected in the rice with 3% alum. Our results can be noted that the texture and appearance of glutinous cooked rice can be improved by the alum. But, the off odor presented in the cooked rice treated with alum is not acceptable. The low concentration beyond 1% alum is applicable, but its residues need to be monitored.

Keywords: glutinous rice, alum, quality

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์อาหารรวมทั้งข้าวเหนียวนึ่งมักพบการปนเปื้อนของสารส้ม ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารส้มต่อคุณภาพข้าวเหนียวนึ่ง โดยนำข้าวเหนียวเก่าที่มีปริมาณอะไมโลส 3.8% แช่น้ำนาน 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปแช่ในสารละลายสารส้ม 1 และ 3% (W/V) เป็นเวลา 30 นาที โดยชุดควบคุมคือ แช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที นำข้าวเหนียวทุกวิธีการมาล้างน้ำก่อนทำการนึ่ง หลังจากข้าวสุกแล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28-30 °C) เป็นเวลา 2 และ 4 ชั่วโมงก่อนนำไปประเมินคุณภาพพบว่า สารส้มทำให้ข้าวเหนียวนึ่งขาวขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (มีค่า b* น้อย) นอกจากนี้ยังทำให้ความเหนียวเพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวชุดควบคุมโดยเฉพาะข้าวที่แช่ในสารส้ม 3% การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้สเกลความชอบ 9 คะแนน ประกอบด้วย ค่าความสว่าง ความขาว และความเหนียวของข้าว ซึ่งพบว่าข้าวที่แช่ด้วยสารส้มมีคุณภาพดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ข้าวที่แช่ด้วยสารส้ม 3% มีกลิ่นผิดปกติมากที่สุด จากผลการทดลองสรุปได้ว่า สารส้มสามารถปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของข้าวเหนียวนึ่งได้ แต่มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ ดังนั้น การใช้สารส้มควรใช้ในปริมาณต่ำกว่า 1% แต่ควรตรวจสอบสารตกค้างเพิ่มเติม

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวนึ่ง สารส้ม คุณภาพ

คำนำ

ข้าวเหนียวนิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวาง และเป็นอาหารหลักของประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ และพื้นที่การเพาะปลูกข้าวเหนียวร้อยละ 80 อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ข้าวเหนียวเป็นข้าวที่มีลักษณะเด่นที่แตกต่างจากข้าวเจ้า คือ เมื่อนึ่งหรือหุงสุกแล้วมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม เมล็ดข้าวเหนียวติดกันแน่น เนื่องจากแป้งในข้าวเหนียวเป็นแป้งอะไมโลเพกตินซึ่งมีมากกว่า 97% นอกจากการบริโภคโดยตรงแล้วข้าวเหนียวยังใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสุรา การผลิต

[1,2] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1,2] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkuntein Campus, Bangkok 10150

แป้งข้าวเหนียว และในอุตสาหกรรมอาหารและขนมหวาน ข้าวเหนียวนึ่งมีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ แช่ข้าวเหนียวในน้ำ (ประมาณ 2 ชม.) หลังจากนั้นนำมานึ่งให้สุกจะมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มและเหนียว จากการเกิดเจลของเม็ดแป้งในข้าว แต่เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นแป้งเจลจะคืนตัวทำให้เนื้อสัมผัสของเมล็ดข้าวแข็งขึ้น (อรอนงค์, 2547) ส่วนสีของข้าวเหนียวภายหลังจากการนึ่งมักมีสีเหลืองขึ้น เพราะการแช่ข้าวและการนึ่งส่งเสริมให้เกิดสารสีจากปฏิกิริยา Maillard reaction การเกิดสีเหลืองลักษณะนี้พบในข้าวนึ่ง (parboiled rice) เช่นกัน (สาคร, 2547; สุปราณี, 2554) สีเหลืองในข้าวเหนียวนึ่งจะปรากฏมากขึ้นในข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลานาน ดังนั้น ผู้จำหน่ายข้าวเหนียวนึ่งจึงแช่ข้าวเหนียวในสารละลายสารส้ม (Alum; $Al_2(SO_4)_3.14.3H_2O$) ก่อนนำมานึ่งเพื่อช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้มีความเหนียวนุ่ม เมล็ดข้าวขาวใส และคงคุณภาพนาน

สารส้ม นิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการตกตะกอนสารเพื่อทำน้ำประปา ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ย้อมผ้า ฟอกหนัง ฟอกสี และผสมทำผงฟูใช้ในการทำขนมปัง เป็นต้น รวมทั้ง นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ใช้ในการดองผักผลไม้ เพราะสารส้มทำให้อาหารมีความกรอบเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจาก สารส้ม เป็นสารเคมีในกลุ่มของเกลือเชิงซ้อนของสารประกอบที่มีธาตุอะลูมิเนียมเป็นส่วนประกอบหลัก ดังนั้น การใช้สารส้มในผลิตภัณฑ์อาหารเกินมาตรฐานหรือการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนสารส้มอย่างต่อเนื่องจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ เนื่องจาก ไอออนอะลูมิเนียมที่เป็นโลหะสามารถทำลายเนื้อเยื่อประสาท จึงทำให้กระทรวงสาธารณสุข ประกาศในฉบับที่ 135 (พ.ศ 2534) กำหนดให้มีอะลูมิเนียมในน้ำที่ใช้อุปโภคได้ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อการบริโภค 1 ลิตร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารส้มต่อคุณภาพข้าวเหนียวนึ่งเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการลดปริมาณการใช้สารส้มและหาสารเติมแต่งอาหารทดแทน รวมทั้งเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัยอื่นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำข้าวเหนียวเก่าที่จำหน่ายในตลาดกรุงเทพมหานคร มาตรวจสอบปริมาณอะมัยโลส ซึ่งพบว่ามีปริมาณ 3.8% จากนั้นนำตัวอย่างข้าวปริมาณ 250g จำนวน 2 ซ้ำ แต่ละซ้ำแช่น้ำ 500 ml นาน 2 ชั่วโมง ก่อนนำมาแช่ต่อด้วยสารส้ม 1 และ 3% เป็นเวลา 30 นาที โดยชุดควบคุมนำมาแช่น้ำอีก 30 นาที เช่นกัน นำข้าวทั้ง 3 กรรมวิธี มาล้างด้วยน้ำให้สะอาด นำไปนึ่งแล้วผึ่งให้เย็นเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นสุ่มตัวอย่างข้าวในแต่ซ้ำจำนวน 3 ครั้ง (รวมเป็น 6 ซ้ำ) เพื่อทดสอบ เนื้อสัมผัส (texture profile) ด้วยเครื่อง texture analyzer ค่าสี ตามระบบ CIE ด้วยเครื่องวัดสี การยอมรับทางประสาทสัมผัส (sensory test) โดยใช้สเกลความชอบ 9 คะแนน ได้แก่ กลิ่นผิดปกติ ความขาว ความเหนียว ความแข็ง และความมันวาว โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบคุณภาพข้าวเหนียวนึ่งที่แช่ด้วยสารส้ม พบว่า ค่า L* (ความสว่าง) และ a* (สีแดง) ของข้าวเหนียวนึ่งมีค่าใกล้เคียงกันแต่พบว่า การแช่สารส้มทำให้ค่า b* (ค่าสีเหลือง) ลดลงมากกว่า 2 เท่า แต่มีค่า hue angle (h°) มากกว่าชุดควบคุม (Table 1) โดยทั่วไปข้าวเมื่อนำมาให้ความร้อน (อบแห้ง)หรือผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่งจะเกิดการเปลี่ยนสีหรือเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) กับกรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีน้ำและความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจึงทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาล (http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0397/maillard-reaction) รวมทั้งข้าวเหนียวนึ่ง แต่เนื่องจากสารส้มมีสมบัติเป็น coagulant จึงอาจทำให้สารในกลุ่มโปรตีน กรดอะมิโน และน้ำตาลตกตะกอน (http://www.thaieditorial.com) ทำให้สารตั้งต้นของปฏิกิริยาเมลลาร์ด ลดน้อยลงประกอบกับสารส้มมีสมบัติในการฟอกสีจึงทำให้สารสีที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวและที่เกิดขึ้นทั้งในระหว่างการแช่น้ำและการนึ่งจางลง ดังนั้น ข้าวเหนียวที่แช่สารส้มก่อนนำมานึ่งจึงมีสีขาวกว่าข้าวในชุดควบคุม (ไม่ได้แช่สารส้ม) (Table 1) ส่วนลักษณะด้านเนื้อสัมผัส ข้าวเหนียวที่แช่ด้วยสารส้ม 3% ทำให้ค่า hardness ลดลง แต่มีค่า stickiness เพิ่มขึ้นมากกว่าและคงสภาพได้ดีกว่า (หลังจากวางข้าวเหนียวให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนาน 4 ชม.) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและข้าวเหนียวที่แช่ด้วยสารส้ม 1% ที่มีค่า stickiness ใกล้เคียงกัน (-1.21 และ -1.01) (Table 2) ทั้งนี้อะลูมิเนียมที่เป็นองค์ประกอบในสารส้มอาจมีส่วนช่วยทำให้การเกิดเจลลาทิไนเซชัน (Gelatinization) ของเมล็ดแป้งสมบูรณ์ในระหว่างการนึ่ง และอาจเป็นตัวประสานระหว่างพันธะไฮโดรเจนของโมเลกุลอะไมโลแพกตินของแป้งเจล จึงช่วยให้ข้าวเหนียวนึ่งมีความเหนียวนุ่มและเนื้อสัมผัสดีขึ้นอีกทั้งมีความคงตัวนานกว่า

การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Figure 1) พบว่า ข้าวเหนียวนึ่งที่แช่ด้วยสารส้ม 1 และ 3% มีคะแนนความมันวาวของข้าว (7.83 - 7.33) สูงกว่าชุดควบคุม 2 เท่า ส่วนคะแนนด้านเนื้อสัมผัส ได้แก่ คะแนนความแข็งของข้าว พบว่า ข้าวในชุด

ควบคุมมีคะแนนความแข็งสูงที่สุด (5.00 คะแนน) แต่ข้าวที่แช่ด้วยสารส้ม 3 และ 1% มีคะแนนน้อยกว่า (4.67 และ 4.00 คะแนน) นอกจากนี้ ข้าวที่แช่ด้วยสารส้ม 3 และ 1% มีคะแนนความเหนียวเท่ากัน (6.33 คะแนน) แต่สูงกว่าชุดควบคุม (4.50 คะแนน) ส่วนความขาวของเมล็ดข้าวพบว่า สารส้ม 1 และ 3% มีคะแนนความขาวใกล้เคียงกัน (7.00 และ 6.50 คะแนน) และสูงกว่าข้าวชุดควบคุม (4.67 คะแนน) อย่างไรก็ตาม สารส้มทำให้ข้าวมีกลิ่นผิดปกติมากโดยเฉพาะการแช่สารส้ม 3% มีคะแนน 6.17 และผู้ทดสอบไม่ยอมรับแต่ที่ 1% มีคะแนน 5.50 คะแนนซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ จากผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคพบว่า ให้ผลสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าสี และเนื้อสัมผัสที่ตรวจวัดด้วยเครื่องมือ ดังนั้น สารส้มสามารถปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของข้าวเหนียวนึ่งได้ แต่การใช้สารส้มมากกว่า 1% ทำให้ข้าวเหนียวนึ่งมีกลิ่นไม่พึงประสงค์

สรุปผล

แม้ว่า สารส้มมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพข้าวเหนียวนึ่งในด้าน สี ความมันวาว ความเหนียวนุ่ม และเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น แต่การใช้สารส้มแช่ข้าวเหนียว มีกลิ่นไม่พึงประสงค์และผู้บริโภคไม่ยอมรับโดยเฉพาะในปริมาณ 3% (W/V) ดังนั้น การนำสารส้มมาใช้ในข้าวเหนียวในปริมาณน้อยพร้อมกับการใช้สารเติมแต่งอาหารชนิดอื่น ๆ เพื่อทดแทนสารส้ม จึงน่าจะปลอดภัยต่อผู้บริโภค ทั้งนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงปริมาณสารส้มที่ตกค้างในข้าวเหนียวนึ่งด้วย

เอกสารอ้างอิง

กระบวนการโคแอกกูเลชันเป็นกระบวนการประสานคอลลอยด์ [สืบค้น], http://www.thaieditorial.com.

ประโยชน์ของข้าวเหนียว.[สืบค้น], http://happy2healthy.wordpress.com [13/December/11].

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี 2256, ข้าวเหนียว, [สืบค้น], http://th.wikipedia.org/wiki [13/December/11].

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี 2256, สารส้ม, [สืบค้น], http://th.wikipedia.org/wiki [13/December/11].

สาคร นันทะวิชัย, 2547, ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและคุณภาพของข้าวนึ่งพันธุ์สุพรรณบุรี 1, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ หน้า 33.

สุปราณี แก้ววิหาร, 2554, การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวนึ่งเพื่อการส่งออก, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพ. หน้า 21.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ หน้า 161.

Food wiki, Maillard reaction/ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด [Online], Available: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0397/maillard-reaction [December 13, 2011].

Table 1 Colour profile of cooked glutinous rice soaked in water, 1% alum and 3% alum for 30 min and cooling at room temperature (28-30°C) for 4 h

treatments	ค่าสี (colour)			
	L*	a*	b*	h°
ชุดควบคุม	66.475	-2.78000	5.1050	118.655
แช่สารส้ม 1%	66.935	-2.75000	3.5700	127.675
แช่สารส้ม 3%	66.740	-2.84000	3.7150	127.390

Table 2 Texture profile of cooked glutinous rice soaked in water, 1% alum and 3% alum for 30 min and cooling at room temperature (28-30°C) for 4 h

treatments	ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile)	
	hardness (N)	stickiness (N)
ชุดควบคุม	9.58	-1.01
แช่สารส้ม 1%	10.12	-1.21
แช่สารส้ม 3%	8.14	-2.15

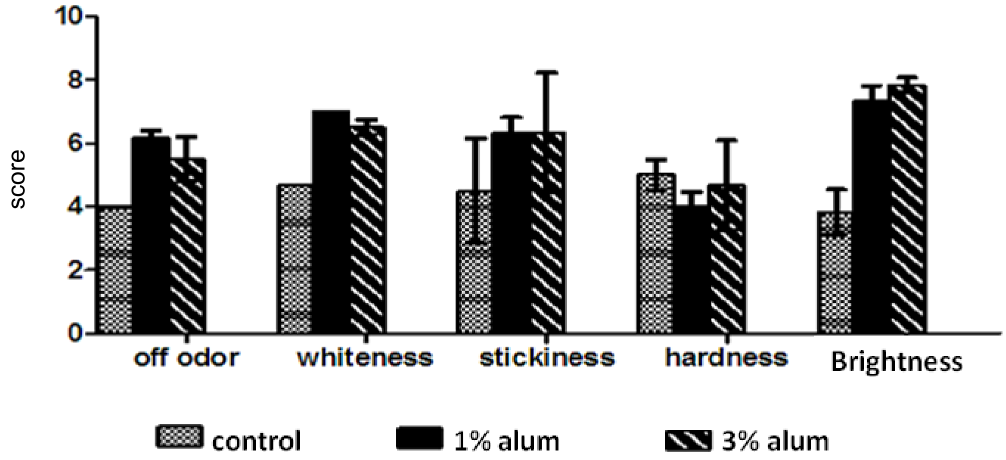


Figure 1 Sensory evaluation of cooked glutinous rice soaked in water, 1% alum and 3% alum for 30 min and cooling at room temperature (28-30°C) for 4 h

การยับยั้งการเจริญเติบโตเชื้อราด้วย Chitosan-derivatives และนาโนแพลทินัม

Suppression of Fungal Growth by Chitosan-derivatives and Platinum Nanoparticles

ชณิตรา โพธิคเวษฐ์[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1] และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย[1]

Pothikhawet, C.[1], Jitareerat, P.[1], Uthairatanakij, A.[1]and Photchanachai, S.[1]

Abstract

Nanoparticles have been recently applied for controlling fungal growth. The efficacy of platinum nanoparticles (Nano-Pt) amended with potato dextrose agar (PDA) to final concentrations at 0.4, 0.8 and 1.2 ppm and chitosan-derivatives (Chi-der) at 100, 250, 500 and 1,000 ppm on *Aspergillus parasiticus* and *A. niger* isolated from alfalfa and radish seeds were investigated. The suppression effects for both fungi increased with an increase in the concentrations. The Chi-der at 1,000 ppm and Nano-Pt at 1.2 ppm completely suppressed the mycelia growth for 7 days and delayed spore germination for 9 h. The tested alfalfa and radish seeds were inoculated with *A. parasiticus* or *A. niger* and then soaked in distilled water, 0.5% dimethyl sulfoxide (DMSO), 1,000 ppm Chi-der or 1.2 ppm Nano-Pt for 6 h before being completely washed by distilled water. The 1,000 ppm Chi-der or 1.2 ppm Nano-Pt significantly reduced the seed infection, but enhanced seed germination compared to distilled water and 0.5% DMSO. Therefore, Chi-der or Nano-Pt presents high potential in reducing fungal growth in contaminated seeds.

Keywords: chitosan derivatives, platinum nanoparticles, alfalfa seed, radish seed, fungi

บทคัดย่อ

วัสดุนาโนนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อรา การศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *A. parasiticus* และ *A. niger* ที่แยกได้จากเมล็ดอัลฟัลฟ่าและผักกาดหัวบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผสมกับนาโนแพลทินัม (Nano-Pt) ความเข้มข้นสุดท้าย 0.4, 0.8 และ 1.2 ppm และ chitosan-derivatives (Chi-der) 100, 250, 500 และ 1,000 ppm พบว่า ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราทั้ง 2 ชนิด เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น Chi-der และ Nano-Pt ความเข้มข้น 1,000 ppm และ 1.2 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตเส้นใยได้เป็นระยะเวลา 7 วัน และชะลอการงอกของสปอร์นาน 9 ชั่วโมง เมื่อนำเมล็ดอัลฟัลฟ่าและผักกาดหัวที่ปลูกเชื้อ *A. parasiticus* และ *A. niger* มาแช่ในน้ำกลั่น, DMSO 0.5%, Chi-der 1,000 ppm หรือ Nano-Pt 1.2 ppm เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำไปล้างก่อนนำไปทดสอบพบว่า Chi-der หรือ Nano-Pt ความเข้มข้น 1,000 ppm และ 1.2 ppm ลดการปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดทั้ง 2 ชนิด ได้ และทำให้ความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการแช่น้ำกลั่นและ DMSO 0.5% ดังนั้น Chi-der และ Nano-Pt มีศักยภาพในการลดการปนเปื้อนเชื้อราที่ปนเปื้อนมากับเมล็ด

คำสำคัญ: อนุพันธ์ไคโตซาน นาโนแพลทินัม เมล็ดอัลฟัลฟ่า เมล็ดผักกาดหัว เชื้อรา

คำนำ

วิธีการควบคุมและกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับเมล็ดที่นิยมและสะดวกคือ การใช้สารเคมี แต่มักพบการใช้สารเคมีมากเกินมาตรฐานซึ่งก่อให้เกิดผลต่อการงอกของเมล็ดและการตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม วัสดุนาโนควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิด เช่น นาโนแพลทินัมใช้ควบคุมเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* (Cho และคณะ, 2005) *Salmonella Enteritidis* และ *Listeria monocytogenes* ได้ (Chwalibog และคณะ, 2010) นอกจากนี้มีการนำไคโตซานที่มีสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิด เช่น *Fusarium* sp. (Reddy และคณะ, 1999) เชื้อรา *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani* และ *Sclerotia rolfsii* สาเหตุโรครากเน่า (Kareem และคณะ, 2006) เป็นต้น เมื่อนำไคโตซานมาปรับปรุง

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] Postharvest Technology Programme, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Soi Tein-talay 25, Bangkhuntien-chaytalay Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok 10150

สมบัติให้เป็น chitosan-derivatives พบว่ามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย*S. aureus* (Wazed และคณะ, 2011) และที่ความเข้มข้น 0.6 เปอร์เซ็นต์ ชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Rhizopus* sp., *Colletotrichum capsici*, *C. gloeosporioides* และ *Aspergillus niger* ได้ และการเคลือบเมล็ดพริกพันธุ์หัวเรือ ศก.13 ด้วยไคโตซานพบว่า ไม่ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของเมล็ดและลดการเข้าทำลายของเชื้อราในเมล็ดพริกได้ (Chookhongkha และคณะ, 2012) เมล็ดอัลฟัลฟ่าและผักกาดหัวนิยมนำมาเพาะเป็นต้นอ่อนเพื่อบริโภคในรูปผักสด แต่มักพบปัญหาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทำให้ต้นอ่อนเสียหาย และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและยังไม่มีงานวิจัยกับเมล็ดทั้ง 2 ชนิด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารละลาย chitosan-derivatives และนาโนแพลทินัมในการกำจัดเชื้อราที่ปนเปื้อนและผลต่อความงอกของเมล็ดอัลฟัลฟ่าและผักกาดหัว

อุปกรณ์และวิธีการ

สำรวจและคัดแยกเชื้อราด้วยวิธี agar method ซึ่งพบว่า เมล็ดอัลฟัลฟ่าและผักกาดหัวมีเชื้อรา *A. parasiticus* และ *A. niger* ปนเปื้อนมากที่สุด ตามลำดับ เมื่อนำเชื้อราดังกล่าวมาทดสอบการเจริญของเส้นใยเชื้อราด้วยวิธี agar dilution โดยเลี้ยงเชื้อบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่ผสมสารละลาย chitosan-derivatives (Chi-der) ให้มีความเข้มข้นสุดท้าย 100, 250, 500 และ 1,000 ppm และสารละลายนาโนแพลทินัม (Nano-Pt) ความเข้มข้น 0.4, 0.8 และ 1.2 ppm บ่มที่อุณหภูมิ 28±2 °C วัดการเจริญเส้นใยโดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีด้วยไม้บรรทัด (ซม.) ทุกวัน ส่วนการงอกของสปอร์ทาได้โดยเตรียม spore suspension ของเชื้อราความเข้มข้น 10^{6-9} สปอร์ต่อมิลลิลิตร แล้วนำมา spread บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผสมสารละลาย Chi-der และ Nano-Pt เช่นเดียวกับเส้นใย ตรวจวัดการงอกของสปอร์ (เปอร์เซ็นต์) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ทุกๆ 6 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทดสอบกับเมล็ดอัลฟัลฟ่าและผักกาดหัวที่ปลูกเชื้อ *A. parasiticus* และ *A. niger* และบ่มเชื้อไว้ 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาแช่ในสารละลาย chi-der 1,000 ppm หรือ Nano-Pt 1.2 ppm (ซึ่งให้ผลการทดลองดีที่สุด) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำที่ไหลผ่านประมาณ 2 นาที (Chi-der+Wash หรือ Nano-Pt+Wash) หรือไม่ล้าง (Chi-der +No wash หรือ Nano-Pt+No wash) เปรียบเทียบกับการแช่น้ำกลั่น (DW) และสารละลาย dimethyl sulfoxide (DMSO) จากนั้นนำเมล็ดไปทดสอบคุณภาพโดยทำการตรวจวัดการติดเชื้อของเมล็ด (เปอร์เซ็นต์) ความงอกของเมล็ด ตามวิธีการของ ISTA (2007) วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Duncan's multiple rang test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS (version 6)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เชื้อราที่ปนเปื้อนมากับเมล็ดอัลฟัลฟ่ามากที่สุดที่แยกได้คือ *A. parasiticus* ซึ่งมีเส้นใยสีขาว สปอร์สีฟ้าแกมเขียว เส้นใยไม่ฟู ส่วนในเมล็ดผักกาดหัวคือ *A. niger* เส้นใยมีสีขาวเจริญอย่างรวดเร็ว จากนั้นค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีเหลือง และสร้างสปอร์สีดำเป็นจำนวนมาก ซึ่งเชื้อรา *Aspergillus* เป็นเชื้อราที่มักพบอยู่ทั่วไปในสภาพแวดล้อมจึงปนเปื้อนเมล็ดได้ทุกช่วงเวลาและเป็นเชื้อราที่พบเสมอในเมล็ดอัลฟัลฟ่า (Abdul-Aziz และคณะ, 2011)

เมื่อนำสารละลาย Chi-der และ Nano-Pt มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *A. parasiticus* และ *A. niger* พบว่า สารละลาย Chi-der และ Nano-Pt ทุกความเข้มข้นยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดได้ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมทั้งสอง (อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผสมสารละลาย DMSO) และสารละลาย Chi-der ความเข้มข้น 1,000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเป็นระยะเวลา 7 วัน (Figure 1A และ D) รวมทั้งชะลอการเจริญเติบโตของสปอร์เชื้อราทั้ง 2 ชนิด ได้นาน 9 ชั่วโมง (Figure 1C) ทั้งนี้เป็นเพราะไคโตซานมีสมบัติของประจุบวกจึงสามารถจับกับเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประจุลบได้ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์เสียหายและเกิดการรั่วไหลของไซโทพลาสซึมและโปรตีนออกมาภายนอกเซลล์ (Chwalibog และคณะ, 2010) และมีสมบัติเป็น chelating โดยจะไปรวมกับผนังเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้เสียสภาพไป (Ming และคณะ, 2010) ดังนั้นเมื่อนำมาปรับสมบัติให้อยู่ในรูป chitosan-derivatives จึงน่าจะเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีขึ้น นอกจากเชื้อราแล้วยังพบว่า chitosan-derivatives สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ได้เช่นกัน (Wazed และคณะ, 2011)

สารละลาย Nano-Pt ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.4 ppm ชะลอการเจริญเติบโตของเส้นใยของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดได้ โดยเฉพาะความเข้มข้นตั้งแต่ 0.8 ppm ยับยั้งได้นาน 7 วัน (Figure 1B และ E) นอกจากนี้ที่ความเข้มข้น 1.2 ppm ยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราทั้ง 2 ชนิด ได้นาน 9 ชั่วโมง (Figure 1F) อาจเนื่องมาจาก Nano-Pt เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ เพราะพื้นผิวด้านนอกของ Nano-Pt สามารถทำงานได้หลายหมู่ฟังก์ชัน (functional group) เช่น เป็น hydrophilic, lipophilic และตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี

(Brook, 2006) จึงทำให้ Nano-Pt มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเข้าทำปฏิกิริยากับผนังเซลล์และเซลล์เมมเบรนของเชื้อจุลินทรีย์ส่งผลให้เกิดความเสียหาย พบการรั่วไหลของไซโทพลาสซึมออกมาภายนอกเซลล์จนเชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ นอกจากนี้ Nano-Pt บางส่วนที่ซึมผ่านเซลล์เมมเบรนจะทำปฏิกิริยากับสารชีวเคมีต่างๆ และอาจจะไปยับยั้งการสังเคราะห์และซ่อมแซม DNA ส่งผลให้โครงสร้างของ DNA เปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งไปทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีน และเกิด reactive oxygen species นอกจากนี้อนุภาคของ Nano-Pt ที่ซึมผ่านเข้าไปในเซลล์พบการคลายตัวของผนังเซลล์และพบการแยกตัวออกจาก cytoplasmic membrane ของเชื้อรา *C. albicans* (Chwalibog และคณะ, 2010) และ Cho และคณะ (2005) พบว่า Nano-Pt ความเข้มข้น 5-20 ppm ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus*, *E. coli*, *Salmonella Enteritidis* และ *Listeria monocytogenes* ได้

เมื่อนำเมล็ดอัลฟัลฟ่าและผักกาดหัวที่ปลูกเชื้อ *A. parasiticus* หรือ *A. niger* มาแช่ในสารละลาย Chi-der ความเข้มข้น 1,000 ppm และ Nano-Pt ความเข้มข้น 1.2 ppm เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วล้างหรือไม่ล้างก่อนนำไปทดสอบพบว่า Chi-der และ Nano-Pt ลดการปนเปื้อนเชื้อราในเมล็ดทั้ง 2 ชนิด ได้ นอกจากนี้เมล็ดทั้ง 2 ชนิด มีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่คลุกเชื้อ (ชุดควบคุม) และที่แช่ DMSO (Table 1 และ 2) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสมบัติในการยับยั้งเชื้อของ Chi-der และ Nano-Pt ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อราของเมล็ดทั้งสองชนิดลดลง จึงทำให้เมล็ดไม่ถูกทำลายจากเชื้อราและงอกได้ตามปกติ และแสดงให้เห็นว่า Chi-der และ Nano-Pt ไม่เป็นพิษกับเมล็ด (ไม่ทำลายความมีชีวิต)

สรุปผล

สารละลาย Chi-der ความเข้มข้น 1,000 ppm และสารละลาย Nano-Pt ความเข้มข้น 1.2 ppm ชะลอการงอกของสปอร์และยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *A. parasiticus* และ *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ (PDA) และเชื้อราที่ปนเปื้อนมากับเมล็ดได้ และไม่ส่งผลต่อความงอกของเมล็ด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัท เอซีเค ไฮโดรฟาร์ม จำกัด ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.อุตสาหกรรม ประจาปี 2555

เอกสารอ้างอิง

Abdel-Mallek, A.Y., 1995, Seed-Borne Fungi of Five Cruciferous Vegetables and Relative Efficacy of Aqueous Seed Extracts against Some Associated Fungi, Folia Microbiological, 40 (5): 493-498.

Brook M.A., 2006, Platinum in Silicone Breast Implants, Biomaterials, 27: 3274-3286.

Cho, K.H., Park, J.E., Osaka, T., and Park, S.G., 2005, The Study of Antimicrobial Activity and Preservative Effects of Nanosilver Ingredient, Electrochimica Acta, 51: 956–960.

Chookhongkha, N., Photchanachai, S. and Sopondilok, T., 2012, Effect of Chitosan and Nano-chitosan on Antifungal Growth and Chilli Seed Quality, ISHS Acta Horticulturae 973: International Conference on Postharvest Pest and Disease Management in Exporting Horticultural Crops (PPDM2012) Bangkok, Thailand, p. 231-237.

Chwalibog, A., Sawosz, E., Hotowy, A., Szeliga, J., Mitura, S., Mitura, K., Grodzik, M., Orlowski, P. and Sokolowska, A., 2010, Visualization of Interaction between Inorganic Nanoparticles and Bacteria or Fungi International Journal of Nanomedicne, 5: 1085-1094.

Kareem, F. A.E., Mougy, N.S.E. and Gamal, N.E.G. 2006, Evaluation of Different Application Methods of Chitin and Chitosan for Controlling Tomato Root Rot Disease under Greenhouse and Field Condition, Journal of Agriculture and Biological Science, 2(5): 190-195.

Ming, K., Xi, G.C., Ke, X. and Park, H.J., 2010, Antimicrobial Properties of Chitosan and Mode of Action: A state of the art review, International Journal of Food Microbiology, 144: 51-63.

Reddy, M.V.B., Joseph, A., Angers, P. and Couture, L., 1999, Chitosan Treatment of Wheat Seeds Induces Resistance to *Fusarium graminearum* and Improves Seed Quality, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47:1208-1216.

Wazed, A.S., Rajendran, S. and Mangala, J., 2011, Synthesis and Characterization of Chitosan and Silver Loaded Chitosan Nanoparticles for Bioactive Polyester, Carbohydrate polymers, 83: 438-446.

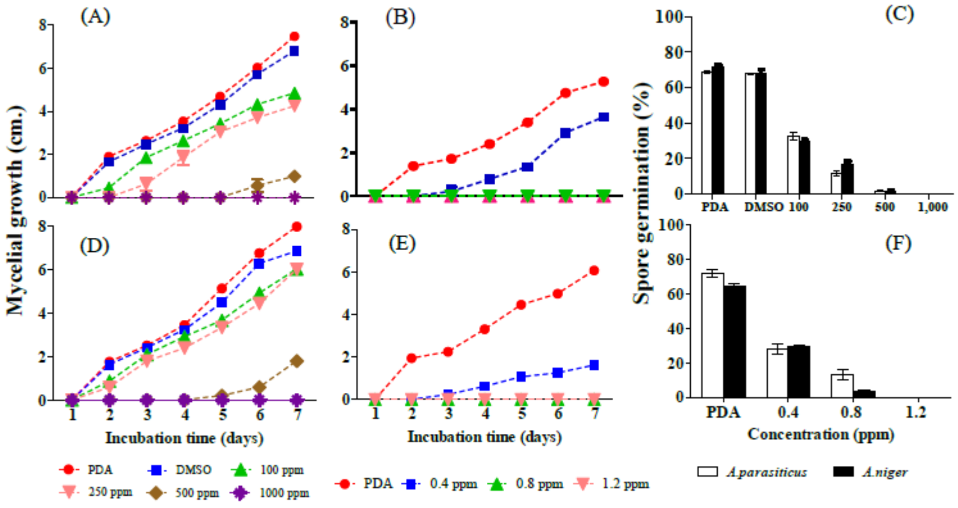


Figure 1 The mycelial growth (A and B) and spore germination (C) of *A. parasiticus* isolated from alfalfa seeds and the mycelial growth (D and E) and spore germination (F) of *A. niger* isolated from radish seeds on PDA mixed with or without Chi-der and Nano-Pt at various concentrations.

Table 1 Germination of alfalfa seeds inoculated with *A. parasiticus* and radish seeds with *A. niger* and then treated with 1,000 ppm Chi-der or dimethyl sulfoxide (DMSO) for 6 h before washing with water or without washing.

Treatments	*A. parasiticus*		*A. niger*	
	Seed contamination (%)	Germination (%)	Seed contamination (%)	Germination (%)
Distilled water	72.67a	57.33b	82.00a	51.00c
0.5% DMSO	77.33a	61.00b	82.67a	58.00b
1,000 ppm Chi-der 6 h+No wash	14.67b	71.67a	20.67b	77.66a
1,000 ppm Chi-der 6 h+Wash	16.67b	75.00a	29.33b	73.33a

Means in the column followed by the same letter are not significantly by Duncan's New Multiple Range Test at $P \leq 0.05$

Table 2 Germination of alfalfa seeds inoculated with *A. parasiticus* and radish seeds with *A. niger* and then treated with 1.2 ppm Nano-Pt for 6 h before washing with water or without washing.

Treatments	*A. parasiticus*		*A. niger*	
	Seed contamination (%)	Germination (%)	Seed contamination (%)	Germination (%)
Distilled water	78.67a	54.00b	59.33a	52.00b
1.2 ppm Nano-Pt 6 h+No wash	12.67b	75.00a	12.67b	82.67a
1.2 ppm Nano-Pt 6 h+Wash	13.33b	77.33a	12.00b	78.00a

Means in the column followed by the same letter are not significantly by Duncan's New Multiple Range Test at $P \leq 0.05$

ธาตุอาหารในดินและพืชของมะพร้าวน้ำหอมใน อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี

Plant and Soil Nutrients of Aromatic Coconut Grown in Damnoen Saduak District, Ratchaburi Province

ภาสันต์ ศารทูลทัต[1] โสพส ธรรมรัตน์[1] ภัชชา เทศใจธรรม[1] บุษราภรณ์ พรมประดิษ[1] ลพ ภวภูตานนท์[1] และ ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต[2]

Saradhuldhat, P.[1], Thammarat, S.[1], Tedjaitum, P.[1], Prompradit, B.[1], Phavaphutanon, L.[1] and Kaewsuralikhit, S.[2]

Abstract

Sustainable production of aromatic coconut requires appropriate fertilizer applications based on soil and plant nutrients. This research aimed to determine the nutrient status in coconut orchards located in Damnoen Saduak District, Ratchaburi Province. Forty soil and leaf samples were randomly collected from the orchards and subjected to analyze for macro- and micro-nutrients following standard methods. The data revealed that the soil was pH 7.46, 0.29 ds/m electrical conductivity, 1.43% organic matter. Soil nutrients were 416 ppm N, 261ppm P, 360 ppm K, 10,548 ppm Ca, 2,407 ppm Mg, 8.99 ppm Zn, 13.53 ppm Fe, 3.61 ppm Cu and 6.99 ppm Mn, respectively. The leaf nutrients were 14,193 ppm N, 8,450 ppm P, 9,046 ppm K, 6,983 ppm Ca, 3,117 ppm Mg, 18.69 ppm Zn, 80.14 ppm Fe, 19.45 ppm Cu and 77.62 ppm Mn, respectively. This plant nutrient status is necessary information for further appropriate management of fertilizer application in aromatic coconut production.

Keywords: *Cocos nucifera* L., dwarf coconut, soil fertility, soil element

บทคัดย่อ

การให้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมสำหรับการผลิตมะพร้าวน้ำหอมอย่างยั่งยืนจำเป็นต้องทราบสถานะธาตุอาหารพืชในดินและในพืช การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบปริมาณธาตุอาหารในดินและใบของมะพร้าวน้ำหอมที่ปลูกใน อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินและใบพืช 40 ตัวอย่าง จากสวนมะพร้าวที่ปลูกแบบยกร่อง นำไปวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช จากผลการวิเคราะห์พบว่าดินในแหล่งปลูกมีค่า pH 7.46 ค่าการนำไฟฟ้า 0.29 ds/m มีอินทรียวัตถุ 1.43%, N 416 ppm, P 261 ppm, K 360 ppm, Ca 10,548 ppm, Mg 2,407 ppm, Zn 8.99 ppm, Fe 13.53 ppm, Cu 3.61 ppm และ Mn 6.99 ppm ตามลำดับ ส่วนในใบมี N 14,193 ppm, P 8,450 ppm, K 9,046 ppm, Ca 6,983 ppm, Mg 3,117 ppm, Zn 18.69 ppm, Fe 80.14 ppm, Cu 19.45 ppm และ Mn 77.62 ppm ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบถึงสถานะความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินและการสะสมธาตุอาหารในใบเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการจัดการปุ๋ยมะพร้าวน้ำหอมที่เหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: *Cocos nucifera* L. มะพร้าวต้นเตี้ย ความสมบูรณ์ดิน ธาตุในดิน

คำนำ

ความต้องการผลมะพร้าวน้ำหอมมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในปัจจุบันซึ่งไม่เพียงพอทั้งสำหรับตลาดในและต่างประเทศ เห็นได้จากราคาผลผลิตที่บางฤดูกาลเพิ่มขึ้นถึง 10-15 บาท/ผล แหล่งผลิตหลักกระจายอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคตะวันตก ในจังหวัดสมุทรสงคราม ราชบุรี สมุทรสาคร และนครปฐม (กฤษณา และคณะ, 2555) แม้ดูเหมือนว่าการปลูกมะพร้าวน้ำหอมเป็นการลงทุนน้อยแต่ทำให้เกิดรายได้จากการขายผลต่อเนื่องยาวนาน แต่การผลิตเพื่อให้ได้คุณภาพและปริมาณสม่ำเสมออย่างยั่งยืนจำเป็นต้องมีการดูแลใส่ปุ๋ยทั้งปุ๋ยเคมีและอินทรีย์เพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืชให้เพียงพอกับความต้องการของต้นมะพร้าวน้ำหอม

การใส่ปุ๋ยตามความต้องการของพืชช่วยให้พืชสามารถนำธาตุอาหารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจำเป็นต้องวิเคราะห์ดินและพืชก่อนการใส่ปุ๋ย ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบสถานภาพธาตุอาหารพืชได้ดีกว่าการสังเกตอาการของพืช มีรายงานว่าไนโตรเจนและโปแทสเซียมเป็นธาตุหลักที่มีความสำคัญมากต่อการเติบโตและให้ผลผลิตของมะพร้าว

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

[2] กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Soil Microbial Research Group, Agricultural Production Science Research and Development Office, Department of Agriculture, Chatujak, Bangkok 10900

(Sobral และ Nogueira, 2008) ในขณะที่คลอไรด์และโบรอนเป็นจุลธาตุที่สำคัญต่อการสังเคราะห์แสง การพัฒนาทางลำต้นและผล (Pinho และคณะ, 2009) นอกจากนี้ธาตุอาหารพืชอื่นๆ ก็มีความสำคัญซึ่งหากมีในดินไม่พอเพียงก็อาจส่งผลต่อพืชได้มากน้อยต่างกันไป

สวนมะพร้าวน้ำหอมในเขต อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี (13.52N, 99.95E) เป็นมะพร้าวน้ำหอมก้นจีบเป็นหลักซึ่งผลผลิตถือได้ว่ามีคุณภาพดี สภาพสวนเป็นแบบยกร่องเนื่องจากเป็นที่ลุ่ม ปลูกแถวเดี่ยวหรือแถวคู่ ระยะปลูก 6-7 เมตร ให้น้ำโดยสูบจากในท้องร่อง (กฤษณา และคณะ, 2555) การดูแลใส่ปุ๋ยต้นมะพร้าวส่วนมากปฏิบัติตามที่เคยทำมา เช่น การใส่ปุ๋ยคอกปีละครั้ง ผู้ปลูกนิยมลอกเลนในท้องร่องขึ้นมาไว้ที่ผิวดิน ใส่ปุ๋ยเคมี 1-3 ครั้งต่อปี โดยใช้ปุ๋ยสูตรเสมอหรือไนโตรเจนและโปแทสเซียมสูงซึ่งแต่ละสวนแตกต่างกัน ส่วนใหญ่ไม่ได้ส่งตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์จึงไม่ทราบข้อมูลธาตุอาหารในดิน อย่างไรก็ตามจากข้อมูลชุดดิน (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548) พื้นที่นี้เป็นบริเวณที่มีการยกร่องทำให้คุณสมบัติดินมีความแตกต่างกันขึ้นกับสภาพดินเดิมและวิธีการเตรียมแปลง โดยส่วนใหญ่เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

แม้ว่ามีรายงานศึกษาเกี่ยวกับธาตุอาหารพืชและการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยในมะพร้าวพันธุ์อื่นๆ (Neto และคณะ, 2011; Secretaria และ Maravilla, 1997) แต่สำหรับมะพร้าวน้ำหอมของไทยยังมีข้อมูลอยู่น้อย การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบสถานภาพธาตุอาหารในดินและพืชของมะพร้าวน้ำหอมที่ปลูกใน อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี ซึ่งเป็นแหล่งผลิตมะพร้าวน้ำหอมที่สำคัญของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกสวนมะพร้าวน้ำหอมที่ให้ผลผลิตดีใน อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี จำนวน 4 สวน สุ่มต้นมะพร้าวสวนละ 10 ต้น เพื่อเก็บตัวอย่างดินและใบ ตัวอย่างดินเก็บจากดินระดับความลึก 0-15 ซม. สองจุดห่างจากโคนต้นประมาณ 50 ซม. ตัวอย่างใบพืชเก็บจากแผ่นใบของใบย่อยที่อยู่ประมาณกลางทางใบของใบสมบูรณ์ที่ 14 ± 1 จากยอดลงมา

จากนั้นทำการวิเคราะห์สมบัติดินตามวิธีของกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน (2554) วิเคราะห์ pH โดย pH meter ดินต่อน้ำ 1:2.5 ค่าการนำไฟฟ้าโดย EC meter ดินต่อน้ำ 1:5 อินทรียวัตถุในดินโดยวิธี wet oxidation และวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจนในดินโดยวิธี combustion ส่วนฟอสฟอรัสในดินสกัดด้วย BrayII วิเคราะห์ด้วยวิธี colorimetry โปแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สกัดดินด้วย 1 N แอมโมเนียมอะซิเตต pH 7 อัตราส่วนดินต่อสารละลาย 1:10 วิเคราะห์สังกะสี เหล็ก ทองแดง แมงกานีส โดยสกัดดินด้วย DTPA extraction อัตราส่วนดินต่อสารละลาย 1:2 ด้วยวิธี atomic absorption spectrophotometer ตามลำดับ และวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี เหล็ก ทองแดง และแมงกานีสในใบมะพร้าวตามวิธีของ โสฬส (2555) และกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน (2544)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากข้อมูลผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในสวนมะพร้าวน้ำหอม อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานจากงานทดสอบดินปุ๋ยและการประยุกต์ (2549) และ Land Classification Division and FAO Project Staff (1973) (Table 1) พบว่าดินมีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย (pH 7.46) มีค่าการนำไฟฟ้าในระดับต่ำ (0.29 dS/m) ซึ่งไม่มีปัญหาดินเค็ม มีอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างต่ำ (1.44%) ไนโตรเจนในดินอยู่ระดับต่ำมาก (416 ppm) ส่วนธาตุอาหารพืชอื่นๆ ส่วนใหญ่มีอยู่ในระดับสูงมาก ได้แก่ ฟอสฟอรัส (261 ppm) โปแทสเซียม (360 ppm) แมกนีเซียม (2407 ppm) แคลเซียม (10548 ppm) สังกะสี (8.99 ppm) และทองแดง (3.61 ppm) ตามลำดับ ส่วนเหล็กมีอยู่ระดับปานกลาง (13.53 ppm) แต่แมงกานีสมีอยู่ในระดับต่ำ (6.99 ppm) ไนโตรเจนและอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในระดับต่ำนี้อาจเนื่องจากพื้นที่ในบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ทำสวนต่อเนื่องมายาวนาน ซึ่งอาจปลูกพืชชนิดอื่นมาก่อนหรือปลูกพืชอื่นแซมอยู่ในสวนมะพร้าวน้ำหอมจึงทำให้ไนโตรเจนถูกดึงไปจากดินค่อนข้างมากอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้จากข้อมูลการดูแลสวนมะพร้าวพบว่าชาวสวนให้ปุ๋ยอินทรีย์และเคมีค่อนข้างน้อย (กฤษณา และคณะ, 2555) จึงอาจเป็นไปได้ว่าปุ๋ยที่ใส่ให้นั้นไม่เพียงพอชดเชยกับการสะสมในผลผลิตมะพร้าวระดับไนโตรเจนที่เหลืออยู่ในดินจึงต่ำ ส่วนธาตุอาหารพืชอื่นๆ ที่มีอยู่ในระดับสูงอาจเนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้เคยมีน้ำทะเลท่วมถึงมาก่อน (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2544) จึงมีการสะสมแร่ธาตุอยู่ในดินปริมาณมาก

ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบมะพร้าวน้ำหอมที่ได้จากการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีผู้รายงานไว้กับมะพร้าวต้นเตี้ยของศรีลังกา (Magat, n.d.) (Table 2) พบว่าระดับไนโตรเจนในใบมะพร้าวน้ำหอมมีต่ำกว่าเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับค่าไนโตรเจนและอินทรียวัตถุในดินที่มีในระดับต่ำ ส่วนธาตุอื่นๆ พบในมะพร้าวน้ำหอมในระดับที่ใกล้เคียงหรือสูงกว่าเล็กน้อย อย่างไรก็ตามระดับแคลเซียมในใบมะพร้าวน้ำหอมมีค่าสูงมากอาจเนื่องจากระดับแคลเซียมในดินที่มีมากนั่นเอง

ทำให้มีการสะสมที่ใบมากตามไปด้วย จากข้อมูลที่ได้นี้อาจกล่าวได้ว่าสวนมะพร้าวน้ำหอมในบริเวณนี้ยังมีไนโตรเจนในดินไม่เพียงพอ การให้ปุ๋ยเคมี อินทรียวัตถุ และการจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ได้ผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมที่มีคุณภาพ

สรุปผล

จากข้อมูลตัวอย่างดินและใบของมะพร้าวน้ำหอมในเขต อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี ทำให้ทราบสถานะภาพความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในแหล่งปลูกและการสะสมธาตุอาหารในต้น ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการจัดการปุ๋ยให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณเจ้าของสวนมะพร้าวน้ำหอมสำหรับความร่วมมือให้เก็บตัวอย่างในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กฤษณา กฤษณพุกต์ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ ษราวดี ไทยพงษ์ ภาสันต์ ศารทูลทัต วชิรญา อิ่มสบาย ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ ศุภธิดา ศิริสวัสดิ์ ราตรี บุญเรืองรอด วันชาติ นิติพันธ์ และอุไรวรรณ นิลเพ็ชร, 2555, การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของมะพร้าวอ่อนเพื่อส่งออก รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544, เอกสารวิชาการ คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช, กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, 164 น.

งานทดสอบดินปุ๋ยและการประยุกต์ เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 6 (ปรับปรุง), 2549, ตารางแปลผลวิเคราะห์ทางเคมีดิน

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548, มหัศจรรย์พันธุ์ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

โสฬส ธรรมรัตน์, 2555, ความสัมพันธ์ระหว่างอายุผล ระดับไนโตรเจนในผลกับอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973, Soil Interpretation Handbook for Thailand. Department of Land Development, Min. of Agri. and Coop., Bangkok. 135 p.

Magat, S.S., n.d, Coconut, agricultural research and development branch, Philippine coconut authority.

Neto, M.F., de Holanda, J.S., da Dias, N.S., Gheyi, H.R., and Folegatti, M.V., 2011, Growth and yield of Anão Verde coconut under fertigation with nitrogen and potassium, Potássio, 15(7): 657-664.

Pinho, L.G.R., Monnerat, P.H., Pires A.A., Marciano, C.R. and Soares, Y.J.B., 2009, Nutrient distribution and visual symptoms of boron deficiency in roots of green dwarf coconut, Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32: 2581-2590.

Secretaria, M.I. and Maravilla, J.N., 1997, Response of hybrid coconut palms to application of manures and fertilizers from field-planting to full-bearing stage, Plantations, Recherche, Developpement, 4: 126-135.

Sobral, L.F. and Nogueira, L.C., 2008, Influence of N and K applied by fertirrigation on soil properties, critical leaf levels and yield of dwarf coconut, Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32: 1675-1682.

Table 1 Status of macro- and micro nutrients in soils collected from aromatic coconut orchards located in Damnoen Saduak District, Ratchaburi Province compared with standard

	Value	Interpretation compared with a standard (งานทดสอบดินและประยุกต์, 2549; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973)	
pH	7.46	slightly alkaline	7.4-7.8
EC (dS/m)	0.29	less	< 2
OM (%)	1.44	relatively low	1.1-1.5
N (ppm)	416	very low	250-500
P (ppm)	261	very high	>45
K (ppm)	360	very high	>120
Mg (ppm)	2,407	very high	>960
Ca (ppm)	10,548	very high	>4,000
Zn (ppm)	8.99	very high	>6
Fe (ppm)	13.53	moderate	11-16
Cu (ppm)	3.61	very high	>2.5
Mn (ppm)	6.99	low	5-8

Table 2 Macro- and micro nutrient status in aromatic coconut leaves collected from mid-leaflet of the fourteenth leaf from top

Nutrients	Value	Compared with the report (Magat, n.d.)
N (ppm)	14,193	18,000-20,000
P (ppm)	8,450	1,200
K (ppm)	9,046	6,000-8,000
Mg (ppm)	3,117	2,500
Ca (ppm)	6,983	1,500-2,000
Zn (ppm)	18.69	-
Fe (ppm)	80.14	40-115
Cu (ppm)	19.45	-
Mn (ppm)	77.62	60

สัดส่วนชีวมวลและธาตุอาหารพืชในผลผลิตมะพร้าวน้ำหอม

Biomass and Element Proportion of Aromatic Coconut Produce

ภาสันต์ ศารทูลทัต[1] โสพส ธรรมรัตน์[1] เมทินี ชูเรือง[1] ศลิตา พลไชย[1] และลพ ภวภูตานนท์[1]
Saradhuldhat, P.[1], Thammarat, S.[1], Choorueng, M.[1], Pholchai, S.[1] and Phavaphutanon, L.[1]

Abstract

Aromatic coconut produce removed from plantation consists of plant nutrients accumulated in the bunch. Understanding amount of elements in the fruit bunch possibly results in an effective fertilizer management. This research aimed to determine proportions of weight and plant nutrient in aromatic coconut bunch. Ten regular bunches were randomly collected from coconut orchards, separated into parts of bunch stem, coir, shell, meat and liquid and analyzed for elements.The results revealed that whole bunch was 19.94 kg in weight with 9.2 fruits and was divided into coir 13.08 kg (65.2%), liquid 3.58 kg (18.1%), shell 1.41 kg (7.2%), meat 1.24 kg (6.2%) and stem 0.64 kg (3.4%), respectively. The meat, shell, coir and bunch stem contained N 1.56, 0.35, 0.50, 0.44%, P 1.53, 0.68, 0.80, 0.95%, K 1.29, 0.51, 1.32, 1.43%, Ca 6693, 511, 8572, 10000 ppm, Mg 2431, 924, 1471, 3508 ppm, Fe 24.64, 200.00, 81.47, 39.96 ppm, Cu 22.73, 20.65, 21.69, 20.22 ppm, Zn 24.08, 8.03, 3.83, 7.32 ppm and Mn 0.20, 0.21, (n.a.), 0.22 ppm, respectively. Thesedata indicated different biomass partitioning and plant nutrient contents in aromatic coconut bunch which are basically important for appropriate fertilization management.

Keywords: *Cocos nucifera* L., dwarf coconut, weight partition, plant nutrient

บทคัดย่อ

ผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมที่ออกจากสวนประกอบด้วยธาตุอาหารพืชที่สะสมในทะลาย ถ้าทราบปริมาณธาตุในผลผลิตอาจช่วยให้การจัดการปุ๋ยมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จึงได้ทำวิจัยเพื่อให้ทราบสัดส่วนน้ำหนักและธาตุอาหารพืชในผลผลิตมะพร้าวน้ำหอม โดยเก็บตัวอย่างทะลายมะพร้าวน้ำหอมจากสวนจำนวน 10 ทะลาย นำมาแยกส่วนเป็นก้านทะลาย กาบผล กะลา เนื้อผล และน้ำมะพร้าว ชั่งน้ำหนักเพื่อหาสัดส่วนในผลผลิตแล้วนำไปวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช จากผลการวิเคราะห์พบว่าน้ำหนักทั้งทะลายมีค่า 19.94 กก. มีจำนวนผลต่อทะลาย 9.2 ผล แต่ละส่วนในทะลายมีน้ำหนักสด (และสัดส่วนโดยน้ำหนักสด) คือ กาบมะพร้าว 13.08 กก. (65.2%) น้ำมะพร้าว 3.58 กก. (18.1%) กะลา 1.41 กก. (7.2%) เนื้อผล 1.24 กก. (6.2%) และก้านทะลาย 0.64 กก. (3.4%) เมื่อนำแต่ละส่วนไปวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชพบว่าส่วนเนื้อผล กะลา กาบ และก้านทะลาย มี N 1.56, 0.35, 0.50, 0.44%, P 1.53, 0.68, 0.80, 0.95%, K 1.29, 0.51, 1.32, 1.43%, Ca 6693, 511, 8572, 10000 ppm, Mg 2431, 924, 1471, 3508 ppm, Fe 24.64, 200.00, 81.47, 39.96 ppm, Cu 22.73, 20.65, 21.69, 20.22 ppm, Zn 24.08, 8.03, 3.83, 7.32 ppm และ Mn 0.20, 0.21, (ไม่พบ), 0.22 ppm ตามลำดับ จากข้อมูลแสดงให้เห็นการกระจายน้ำหนักและธาตุอาหารในแต่ละส่วนของผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญเบื้องต้นสำหรับการให้ปุ๋ยที่เหมาะสม

คำสำคัญ: *Cocos nucifera* L. มะพร้าวต้นเตี้ย การกระจายน้ำหนัก ธาตุอาหารพืช

คำนำ

มะพร้าวน้ำหอมทั้งทะลายเป็นส่วนของผลผลิตที่เคลื่อนย้ายออกจากสวนมะพร้าวอย่างต่อเนื่องและตลาดมีความต้องการเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน ทะลายมะพร้าวเหล่านั้นประกอบไปด้วยส่วนที่ใช้รับประทานได้ซึ่งได้แก่ เนื้อและน้ำมะพร้าว และส่วนที่รับประทานไม่ได้ เช่น กะลา กาบมะพร้าว และก้านทะลาย ในแต่ละส่วนเหล่านี้มีธาตุอาหารพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ฯลฯ เป็นประกอบในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นการนำผลผลิตไปสู่ผู้บริโภคจึงเป็นการนำธาตุอาหารเหล่านี้ออกจากพื้นที่แหล่งปลูกด้วยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้โดยเฉพาะธาตุอาหารหลัก

---

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140
[1] Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, KamphaengSaen, NakhonPathom 73140

(Jayasekara และคณะ, 1991) อาจส่งผลต่อการเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่นั้นๆ หากไม่มีการเติมธาตุอาหารกลับเข้ามาทั้งในรูปอินทรีย์หรืออนินทรีย์

พื้นที่ราบลุ่มภาคตะวันตก ได้แก่ สมุทรสงคราม ราชบุรี สมุทรสาคร และนครปฐม เป็นแหล่งผลิตมะพร้าวน้ำหอมหลักของประเทศ (กฤษณา และคณะ, 2555) แม้ว่าพื้นดินในแหล่งนี้อาจมีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชค่อนข้างมากก็ตามแต่จากข้อมูลการสำรวจพบว่าสวนมะพร้าวส่วนใหญ่มีการใส่ปุ๋ยเพียง 1-3 ครั้งต่อปี ในขณะที่มีการเก็บผลผลิตมะพร้าวทุกสามสัปดาห์ ดังนั้นการลดลงและการรักษาสมดุลของธาตุอาหารพืชเหล่านั้นในดินจึงเป็นสิ่งที่ควรต้องพิจารณาสำหรับการผลิตมะพร้าวน้ำหอมอย่างยั่งยืน การทราบปริมาณธาตุอาหารพืชในผลผลิตที่เคลื่อนย้ายออกจากแหล่งปลูกอาจช่วยเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการกำหนดปริมาณธาตุอาหารพืชที่ควรเติมกลับให้ดิน (Somasiri และคณะ, 2003) หรือช่วยวางแผนการจัดการดินที่เหมาะสมได้ซึ่งจำเป็นต้องทราบน้ำหนักและความเข้มข้นของแต่ละธาตุอาหารพืชในแต่ละส่วนของผลผลิตนั้นๆ เป็นข้อมูลประกอบด้วย

มีรายงานว่าการผลผลิตมะพร้าว *Typica x Typica* จำนวน 17,380 ผล เมื่อนำออกจากแหล่งปลูกคิดเป็นการสูญเสียโปแทสเซียม 245 กก. ไนโตรเจน 117 กก. แคลเซียม 40 กก. แมกนีเซียม 34 กก. ฟอสฟอรัส 14 กก./ปี/ha ตามลำดับ (Somasiri และคณะ, 2003) ปริมาณปุ๋ยที่ใส่ให้อาจพอเพียงชดเชยรักษาระดับธาตุบางธาตุในดินได้ แต่อาจไม่เพียงพอในบางธาตุที่ในดินเดิมมีอยู่น้อย สำหรับมะพร้าวน้ำหอมของไทยข้อมูลปริมาณธาตุอาหารพืชที่เคลื่อนย้ายไปกับผลผลิตยังมีอยู่อย่างจำกัด การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบสัดส่วนชีวมวลหรือน้ำหนักในผลผลิตและความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชบางธาตุในส่วนของผลผลิตนั้น สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการหาปริมาณธาตุในผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สุ่มคัดเลือกทะลายมะพร้าวน้ำหอมที่มีความสมบูรณ์และอยู่ระยะพอเหมาะหรือเนื้อ 1.5-2 ชั้นจากสวนมะพร้าวน้ำหอมใน อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี และ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม จำนวน 10 ทะลาย นำมาชั่งน้ำหนักทั้งทะลายแล้วแยกออกเป็นส่วนต่างๆ ได้แก่ ก้านทะลาย กาบผล กะลา เนื้อ และน้ำมะพร้าว ตามลำดับ สุ่มเก็บตัวอย่างนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70ºC นาน 3-4 วัน หาชีวมวลแห้งก่อนบด นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยเครื่อง Protein/nitrogen Determinateย่อยตัวอย่างด้วยกรดไนตริกและเปอร์คลอริก และนำมาวิเคราะห์ธาตุฟอสฟอรัสด้วย spectrophotometer วิเคราะห์โปแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี เหล็ก ทองแดง และแมงกานีสด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer ตามวิธีของ โสฬส (2555) และกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน (2544)

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากข้อมูลที่ได้ (Table 1) ผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมทั้งทะลายคิดเป็นน้ำหนักสดประมาณ 20 กก. ซึ่งมีประมาณ 9-10 ผล หากแต่ละต้นสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทุกสามสัปดาห์ (กฤษณา และคณะ, 2555) จึงคิดเป็นน้ำหนักทะลาย 320-360 กก./ต้น/ปี หรือ 14-16 ตัน/ไร่/ปี (ระยะปลูก 6x6 เมตร ปลูก 44 ต้น/ไร่) ที่มีการเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่ปลูก ในแต่ละทะลายสัดส่วนโดยน้ำหนักสดของเนื้อและน้ำมะพร้าว (ส่วนที่รับประทานได้) คิดเป็นเพียง 24 % หรือ 80 กก./ต้น/ปี ในขณะที่อีก 76% หรือประมาณ 260 กก./ต้น/ปี เป็นส่วนของกาบ กะลา ก้านทะลายมะพร้าว (ซึ่งเป็นส่วนที่รับประทานไม่ได้) เห็นได้ว่าปริมาณผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมที่มีการเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่แหล่งปลูกมีเป็นจำนวนมาก แต่ชีวมวลที่เกิดขึ้นจากการปลูกมะพร้าวยังมีในส่วนอื่นๆ ที่อาจไม่ได้เคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่ปลูก ในมะพร้าวลูกผสม *Typica x Typica* พบว่าน้ำหนักส่วนผลที่นำออกจากแหล่งปลูกคิดเป็น 60% ของชีวมวลที่เกิดขึ้นทั้งหมด ในขณะที่อีก 40% ซึ่งเป็นทางใบและช่อดอกยังคงอยู่ในพื้นที่ซึ่งธาตุอาหารสามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ได้ (Somasiri และคณะ, 2003)

ส่วนของเนื้อมะพร้าวซึ่งคิดเป็น 6% ของน้ำหนักสดทั้งทะลายมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม ถึง 1.56 1.53 1.53 และ 1.29% โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Table 2) ในขณะที่กาบมะพร้าวและก้านทะลายซึ่งคิดเป็น 68% ของน้ำหนักสดทั้งทะลาย มีการสะสมของโปแทสเซียมสูงถึง 1.32-1.43% ใกล้เคียงกับในเนื้อมะพร้าวและ แคลเซียมถึง 8,600-10,000 ppm ซึ่งสูงกว่าในเนื้อมะพร้าวมาก กะลาเป็นส่วนที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชค่อนข้างต่ำ ยกเว้นเหล็กซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าส่วนอื่นๆ ของทะลายมะพร้าว ธาตุทองแดงพบในทุกส่วนของทะลายใกล้เคียงกันที่ประมาณ 20 ppm สังกะสีพบที่ส่วนเนื้อมะพร้าวสูงกว่าส่วนอื่นๆ ของทะลาย แมงกานีสพบน้อยกว่า 1 ppm ในทุกส่วนของทะลาย ข้อมูลที่ได้นี้สอดคล้องกับรายงานธาตุอาหารหลักในผลผลิตมะพร้าวลูกผสมที่ปลูกในประเทศศรีลังกา (Somasiri และคณะ, 2003) ปริมาณธาตุที่เคลื่อนย้ายติดไปกับผลผลิตคิดเป็นไนโตรเจน 76, ฟอสฟอรัส 10, โปแทสเซียม 186, โซเดียม 12, แคลเซียม 6, แมกนีเซียม 10 กก./เฮกตาร์/ปี

ตามลำดับ ซึ่งทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแทสเซียมเป็นธาตุที่มีสะสมในส่วนผลผลิตมะพร้าวสูงมาก ในขณะที่โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียมมีสะสมในใบมากกว่าจึงมีโอกาสหมุนเวียนอยู่ในพื้นที่ได้มากกว่า

การรักษาสมดุลความอุดมสมบูรณ์ของดินในแหล่งปลูกมีความสำคัญต่อการผลิตอย่างยั่งยืน ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุที่มีอยู่ในดิน ปริมาณธาตุที่เคลื่อนย้ายออกไปกับผลผลิต และปริมาณปุ๋ยที่ควรใส่กลับคืน ล้วนเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึง นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตมะพร้าวน้ำหอมเพื่อส่งออกต่างประเทศ ผลมะพร้าวถูกตัดแต่งส่วนกาบออกปริมาณมากที่โรงคัดบรรจุ ขยะกาบมะพร้าวเหล่านั้นอาจเป็นแหล่งของธาตุอาหารพืชที่จะนำกลับไปใส่คืนให้พื้นที่ปลูกได้บางส่วน

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยทำให้ทราบสัดส่วนน้ำหนักของผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมทั้งทะลาย ความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ ที่สะสมอยู่ในแต่ละส่วนของผลผลิต ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการหาปริมาณธาตุอาหารพืชที่เคลื่อนย้ายไปกับผลผลิตเพื่อคำนวณหาปริมาณการใส่ปุ๋ยหรือการจัดการธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมสำหรับการผลิตมะพร้าวน้ำหอมอย่างยั่งยืน

สรุปผล

ผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมทั้งทะลายมีการกระจายสัดส่วนเป็นกาบ 65.2%, น้ำมะพร้าว 18.1%, กะลา 7.2%, เนื้อ 6.2% และก้านทะลาย 3.4% โดยน้ำหนักสด ตามลำดับ แต่ละส่วนของทะลายมีการสะสมธาตุอาหารพืชในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เนื้อมะพร้าวมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแทสเซียมความเข้มข้นสูง ส่วนกาบและก้านทะลายมีโปแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมความเข้มข้นสูง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

Somasiri, L.L.W., Wijebandara, D.M.D.I., Panditharatna, B.D.P., Sabaratnam, S. and Kurundukumbura, C.P.A., 2003, Loss of nutrients in a high yielding coconut plantation through removal of plant materials the field. COCOS. 15: 12-22

Jayasekara, K.S, Jayasekara, C. and Periyathamby, S., 1991, Report of the soils and plant nutrient division, Annual Report of Coconut Research Institute, Lunuwila, Sri Lanka.

กฤษณา กฤษณพุกต์ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ ษราวดี ไทยพงษ์ ภาสันต์ ศารทูลทัต วชิรญา อิ่มสบาย ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ ศุภธิดา ศิริสวัสดิ์ ราตรี บุญเรืองรอด วันชาติ นิติพันธ์ และอุไรวรรณ นิลเพ็ชร, 2555, การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของมะพร้าวอ่อนเพื่อส่งออกรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาพืชสวนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544, เอกสารวิชาการ คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช, กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 164 น.

โสฬส ธรรมรัตน์, 2555, ความสัมพันธ์ระหว่างอายุผล ระดับไนโตรเจนในผลกับอาการเนื้อข้าวสารของส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวใหญ่, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Table 1 Fresh weight partitioning in a whole bunch of aromatic coconut

Bunch parts	Amount	% of bunchweight
Nut number (fruit)	9.2	
Fresh weight (kg)	19.9	100.0
Stem (kg)	0.64	3.4
Coir (kg)	13.08	65.2
Shell (kg)	1.41	7.2
Meat (kg)	1.24	6.2
Liquid (kg)	3.58	18.1

Table 2 Macro- and micro nutrient concentrations in bunch parts

Nutrients	Meat	Shell	Coir	Bunch stem
Nitrogen (%)	1.56	0.35	0.5	0.44
Phosphorus (%)	1.53	0.68	0.8	0.95
Potassium (%)	1.29	0.51	1.32	1.43
Calcium (ppm)	6,693	511	8,572	10,000
Magnesium (ppm)	2,431	924	1,471	3,508
Iron (ppm)	24.64	200	81.47	39.96
Copper (ppm)	22.73	20.65	21.69	20.22
Zinc (ppm)	24.08	8.03	3.83	7.32
Manganese (ppm)	0.2	0.21	-	0.22

การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในนาลุ่มและนาน้ำลึก

Growth and Yield Trials of Rices Grown on Lowland Area and Deeping Water Area

ศานิต สวัสดิกาญจน์[1] และ วิษณุ ทรัพย์กร[1]

Sawatdikarn S.[1] and Subkorn W.[1]

Abstract

The objective of this study was to determine the rice varieties for planting in lowland and deeping water area of Wung Grajom Subdistrict, Muang District, Nakhon Nayok Province. The six rice varieties namely Prachinburi 2, Ayutthaya 1, Phisanulok 2, Phisanulok 3, Prathumthani 1 and Suphanburi 1 were planted in lowland areas. For deeping water areas, six rice varieties were planted namely Prachinburi 1, Prachinburi 2, Ayutthaya 1, Prathumthani 1, Suphanburi 1 and Khawbunrung. Stem height at harvesting stage, days to harvesting stage, seed yield, number of seed/ panicle and seed weight/100 seeds were recorded. The result showed that each rice variety showed different growth and seed yield in lowland and deeping water areas. The Ayutthaya 1 rice variety gave the highest of seed yield (322 kg/rai) and the Phisanulok 2 rice variety showed the lowest of seed yield (128 kg/rai) in lowland areas. For seed yield test in deeping water areas, the Ayutthaya 1 rice variety gave the highest of seed yield (362 kg/rai) and the Suphanburi 1 rice variety showed the lowest of seed yield (138 kg/rai).

Keywords: rice variety, growth and seed yield, lowland and deeping water areas

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมต่อการปลูกในพื้นที่นาลุ่มและนาน้ำลึกของตำบลวังกระโจม อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก โดยปลูกข้าว 6 พันธุ์ คือ ปราจีนบุรี 2 อยุธยา 1 พิษณุโลก 2 พิษณุโลก 3 ปทุมธานี 1 และสุพรรณบุรี 1 ในนาลุ่ม ส่วนข้าวจำนวน 6 พันธุ์ คือ ปราจีนบุรี 1 ปราจีนบุรี 2 อยุธยา 1 ปทุมธานี 1 สุพรรณบุรี 1 และขาวบำรุง ปลูกในนาน้ำลึก วัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว 5 ลักษณะ คือ ความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยว อายุเก็บเกี่ยว ผลผลิตเมล็ด จำนวนเมล็ด/รวง และน้ำหนักเมล็ด พบว่า ข้าวแต่ละพันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่นาลุ่มและนาน้ำลึกมีการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดต่างกัน สำหรับการปลูกข้าวในพื้นที่นาลุ่ม พบว่า พันธุ์อยุธยา 1 มีผลผลิตเมล็ดมากที่สุด เท่ากับ 322 กก./ไร่ ในขณะที่พันธุ์พิษณุโลก 2 มีผลผลิตเมล็ดต่ำสุด เท่ากับ 128 กก./ไร่ ส่วนการปลูกข้าวในพื้นที่นาน้ำลึก พบว่า ข้าวที่ให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด คือ พันธุ์อยุธยา 1 (362 กก./ไร่) ในขณะที่ข้าวที่ให้ผลผลิตเมล็ดต่ำสุด คือ พันธุ์สุพรรณบุรี 1 (138 กก./ไร่)

คำสำคัญ: พันธุ์ข้าว การเจริญเติบโตและผลผลิต นาลุ่มและน้ำลึก

คำนำ

พันธุ์ข้าวเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว พันธุ์ข้าวที่มีการเจริญเติบโตดีในทุกสภาพแวดล้อมเป็นที่ต้องการของเกษตรกรมากกว่าพันธุ์ข้าวที่เจริญเติบโตได้ดีในบางสภาพแวดล้อม สำหรับการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของข้าวในเขตภาคกลางมีผู้ศึกษาไว้ เช่น การทดลองของ ศานิต และ วริสรา (2550) ที่ทดสอบพันธุ์ข้าว จำนวน 5 พันธุ์ คือ สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 หอมสุพรรณบุรี และปทุมธานี 1 ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า พันธุ์ปทุมธานี 1 มีการเจริญเติบโตในด้านความสูงกอ ความสูงกาบใบ ความยาวแผ่นใบ และดัชนีพื้นที่ใบ สูงสุด และพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และพันธุ์สุพรรณบุรี 2 มีการเจริญเติบโตในด้านจำนวนหน่อและจำนวนแผ่นใบมากกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 สำหรับพันธุ์ข้าวที่ปลูกในเขตภาคกลางได้ดี ในบางครั้งเมื่อนำไปปลูกในเขตปลูกข้าวภาคอื่น ๆ อาจมีการเจริญเติบโตและผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควร เช่น พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตปลูกข้าวภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากกว่าภาคอื่น ๆ (อำนาจ และคณะ, 2540) เช่นเดียวกับข้าวพันธุ์

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[1] Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000

ปทุมธานี 1 (นิตยา และคณะ, 2546) และพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (นิตยา และคณะ, 2548) ที่เหมาะสมต่อการปลูกในเขตภาคกลางมากกว่าภาคอื่น ๆ และจากรายงานของ นิวัฒน์ และคณะ (2548) พบว่า ผลผลิตของข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ก.วก. 1 (DOA 1) เมื่อปลูกในเขตภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 3 จังหวัด ให้ผลผลิตแตกต่างกัน
โดยการปลูกในจังหวัดอุตรดิตถ์ ให้ผลผลิตมากที่สุด เท่ากับ 919 กก./ไร่ รองลงมาคือ การปลูกในจังหวัดสุโขทัย ที่ให้ผลผลิต เท่ากับ 386 กก./ไร่ และการปลูกในจังหวัดพิษณุโลก ให้ผลผลิตต่ำสุด เท่ากับ 333 กก./ไร่ จึงเห็นได้ว่าการปลูกข้าวในแต่ละพื้นที่ทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตและผลผลิตต่างกัน การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในสภาพแวดล้อมต่างกันของตำบลวังกระโจม อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก การทดลองนี้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นให้เกษตรกรหรือผู้เกี่ยวข้องสามารถเลือกใช้พันธุ์ข้าวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในจังหวัดนครนายกที่มีความแตกต่างกันได้มากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่ตำบลวังกระโจม อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก และที่สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา โดยเริ่มปลูกข้าวในเดือนมิถุนายน 2554 ถึงเดือนมกราคม 2555 โดยปลูกข้าวใน 2 หมู่บ้าน ของตำบลวังกระโจม คือ 1) หมู่ที่ 7 เป็นพื้นที่นาลุ่ม ตั้งอยู่ในเขตบ้านคลองเหมือง จำนวนพื้นที่ 2 ไร่ ขนาดแปลงย่อย กว้าง 6.60 ม. ยาว 20 ม. มีพื้นที่ 132 ตร.ม. ทำการปลูกข้าว จำนวน 6 พันธุ์ คือ พันธุ์ปราจีนบุรี 2 อยุธยา 1 พิษณุโลก 2 พิษณุโลก 3 ปทุมธานี 1 และสุพรรณบุรี 1 และ 2) หมู่ที่ 6 เป็นนาน้ำลึก ตั้งอยู่ในเขตบ้านหนองสี่มุม จำนวนพื้นที่ 3 ไร่ ขนาดแปลงย่อย กว้าง 10.50 ม. ยาว 19.50 ม. มีพื้นที่ 204 ตร.ม. โดยปลูกข้าวจำนวน 6 พันธุ์ คือ ปราจีนบุรี 1 ปราจีนบุรี 2 อยุธยา 1 ปทุมธานี 1 สุพรรณบุรี 1 และขาวบำรุง เมื่อถึงอายุเก็บเกี่ยวทำการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว 5 ลักษณะ คือ ความสูงของลำต้นที่อายุเก็บเกี่ยว วันเก็บเกี่ยว ผลผลิตข้าว/ไร่ จำนวนเมล็ด/รวง และน้ำหนักแห้ง/100 เมล็ด โดยเปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test เพื่อหาพันธุ์ข้าวที่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงในพื้นที่นาลุ่มและนาน้ำลึกของตำบลวังกระโจม

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

พื้นที่นาลุ่ม ข้าวจำนวน 6 พันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่นาลุ่มมีความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน โดยพันธุ์พิษณุโลก 3 มีความสูงมากที่สุด เท่ากับ 162.30 ซม. รองลงมาคือ พันธุ์อยุธยา 1 ปราจีนบุรี 2 ปทุมธานี 1 ส่วนข้าวอีก 2 พันธุ์ คือ พิษณุโลก 2 และสุพรรณบุรี 1 มีความสูงน้อยที่สุด อยู่ในช่วง 69.25-71.50 ซม. (Table 1) จะเห็นได้ว่าข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกใน ต. วังกระโจม มีความสูงน้อยที่สุด เช่นเดียวกับการปลูกใน จ. พระนครศรีอยุธยา ที่พันธุ์สุพรรณบุรี 1 ให้ความสูงน้อยกว่าข้าวอีก 4 พันธุ์ คือ สุพรรณบุรี 2 สุพรรณบุรี 3 หอมสุพรรณบุรี และปทุมธานี 1 (ศานิต และ วิริสรา, 2550) ข้าวทั้ง 6 พันธุ์เมื่อปลูกในพื้นที่นาลุ่ม มีอายุเก็บเกี่ยวแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ อายุเก็บเกี่ยวเร็วมี 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ปทุมธานี 1 พิษณุโลก 2 และสุพรรณบุรี 1 ที่มีอายุเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 133-137 วัน ส่วนข้าวอีก 3 พันธุ์ คือ พิษณุโลก 3 อยุธยา 1 และปราจีนบุรี 2 มีอายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างนาน โดยทั้งสามพันธุ์มีอายุเก็บเกี่ยวเท่ากันคือ 189 วัน จากการทดลองนี้ พบว่า พันธุ์ข้าวจำนวน 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ปทุมธานี 1 พิษณุโลก 2 และสุพรรณบุรี 1 มีอายุเก็บเกี่ยวช้ากว่าลักษณะประจำพันธุ์ที่กรมการข้าว (2549) ศึกษาไว้ เท่ากับ 7 และ 16 วัน ตามลำดับ ผลผลิตของข้าวจำนวน 6 พันธุ์เมื่อปลูกในพื้นที่นาลุ่ม พบว่า ทั้ง 6 พันธุ์มีผลผลิตแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยพันธุ์อยุธยา 1 ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 322 กก./ไร่ รองลงมาคือพันธุ์ปราจีนบุรี 2 พิษณุโลก 3 ปทุมธานี 1 และสุพรรณบุรี 1 ที่มีผลผลิต เท่ากับ 270.40 241.00 176.70 และ 168.50 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์พิษณุโลก 2 ให้ผลผลิตในพื้นที่นาลุ่มต่ำสุด เท่ากับ 128.00 กก./ไร่ การปลูกข้าวทั้ง 6 พันธุ์ในพื้นที่นาลุ่มให้จำนวนเมล็ด/รวงแตกต่างกันอย่างชัดเจนเช่นเดียวกับผลผลิต โดยพันธุ์ปราจีนบุรี 1 ให้จำนวนเมล็ดสูงสุด 226.30 เมล็ด รองลงมา คือ พันธุ์อยุธยา 1 ปทุมธานี 1 พิษณุโลก 2 และสุพรรณบุรี 1 ส่วนพันธุ์ที่ให้จำนวนเมล็ดต่ำสุด คือ พันธุ์พิษณุโลก 3 ที่ให้จำนวนเมล็ด 119.30 เมล็ด/รวง และเมื่อพิจารณาน้ำหนักเมล็ดของข้าวทั้ง 6 พันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่นาลุ่ม พบว่า พันธุ์อยุธยา 1 ให้น้ำหนักเมล็ดมากที่สุด เท่ากับ 3.942 กรัม รองลงมาคือข้าวอีก 4 พันธุ์ คือ พิษณุโลก 3 ปราจีนบุรี 2 พิษณุโลก 2 และสุพรรณบุรี 1 ที่ให้น้ำหนักเมล็ดอยู่ในช่วง 3.174-3.401 กรัม ส่วนพันธุ์ข้าวที่ให้น้ำหนักเมล็ดต่ำสุด คือ พันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ให้น้ำหนักเมล็ด 3.097 กรัม จากทดสอบพันธุ์ข้าวในพื้นที่นาลุ่ม พบว่า พันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกในเขตภาคกลาง คือ พันธุ์ปทุมธานี 1 และสุพรรณบุรี 1 เมื่อนำไปปลูกใน ต. วังกระโจม ให้จำนวนเมล็ดค่อนข้างต่ำ แต่พันธุ์ปทุมธานี 1 ยังคงให้น้ำหนักเมล็ดมากกว่าพันธุ์

สุพรรณบุรี 1 สอดคล้องกับการทดลองของ ศานิต และ วริสรา (2550) ที่รายงานว่า พันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อปลูกในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ให้จำนวนเมล็ด 197 เมล็ด/รวง ซึ่งมากกว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ให้จำนวนเมล็ด/รวง เท่ากับ 155.25 เมล็ด

พื้นที่นาน้ำลึก ข้าวทั้ง 6 พันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่นาน้ำลึกมีความสูงแตกต่างกัน โดยพันธุ์ขาวบำรุงและปราจีนบุรี 1 มีความสูงมากที่สุด อยู่ในช่วง 152.30-152.80 ซม. รองลงมาคือ พันธุ์อยุธยา 1 และปราจีนบุรี 2 ที่มีความสูง 131.80 และ 123.00 ซม. ตามลำดับ ส่วนข้าวอีก 2 พันธุ์ คือ ปทุมธานี 1 และสุพรรณบุรี 1 มีความสูงต่ำสุด อยู่ในช่วง 94.50-95.25 ซม. (Table 2) ข้าวที่ปลูกในพื้นที่นาน้ำลึกมีอายุเก็บเกี่ยวแบ่งเป็น 2 พวก คือ อายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างเร็วมี 2 พันธุ์ คือ ปทุมธานี 1 และสุพรรณบุรี 1 ที่มีอายุเก็บเกี่ยว 126 วัน ส่วนพันธุ์ข้าวที่มีอายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างนานเมื่อปลูกในนาน้ำลึก มีจำนวน 4 พันธุ์ คือ ขาวบำรุง อยุธยา 1 ปราจีนบุรี 2 และปราจีนบุรี 1 โดยมีอายุเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 182-198 วัน ผลผลิตของข้าวทั้ง 6 พันธุ์ เมื่อปลูกในพื้นที่นาน้ำลึก พบว่า มีผลผลิตแตกต่างกันไป โดยพันธุ์อยุธยา 1 ให้ผลผลิตมากที่สุด เท่ากับ 362.70 กก./ไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ปราจีนบุรี 2 ขาวบำรุง ปราจีนบุรี 1 และปทุมธานี 1 ส่วนพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ให้ผลผลิตต่ำสุด เท่ากับ 138.50 กก./ไร่ เมื่อพิจารณาจำนวนเมล็ดข้าวต่อรวง พบว่า พันธุ์ขาวบำรุง มีจำนวนเมล็ดมากที่สุด เท่ากับ 269.30 เมล็ด/รวง รองลงมาคือ พันธุ์ปทุมธานี 2 ปราจีนบุรี 1 อยุธยา 1 และปทุมธานี 1 ส่วนพันธุ์ข้าวที่ให้จำนวนเมล็ดต่อรวงน้อยที่สุด คือ พันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ให้จำนวนเมล็ด 100.50 เมล็ด ส่วนน้ำหนักเมล็ดของข้าว จำนวน 100 เมล็ด พบว่า มีข้าวจำนวน 3 พันธุ์ คือ พันธุ์อยุธยา 1 ปราจีนบุรี 1 และปราจีนบุรี 2 ที่มีน้ำหนักเมล็ดไม่แตกต่างกันในช่วง 3.288-3.552 กรัม รองลงมาคือพันธุ์ปทุมธานี 1 ขาวบำรุง และสุพรรณบุรี 1 ที่ทั้งสามพันธุ์มีน้ำหนักเมล็ดอยู่ในช่วง 3.181-3.261 กรัม พันธุ์ข้าวที่ปลูกในพื้นที่นาน้ำลึกที่มีผลผลิตสูงจะมีความสัมพันธ์กับลักษณะอื่น ๆ ด้วย เช่น อายุเก็บเกี่ยว จำนวนเมล็ด/รวง และน้ำหนักเมล็ด กล่าวคือ พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง เช่น พันธุ์ขาวบำรุง ที่มีผลผลิต 362.70 กก./ไร่ มีอายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างนานถึง 186 วัน และพันธุ์ปราจีนบุรี 2 ที่มีผลผลิตสูงเช่นกัน มีอายุเก็บเกี่ยวนาน 176 วัน ส่วนพันธุ์ที่มีผลผลิตในเกณฑ์ต่ำซึ่งมีจำนวน 2 พันธุ์ คือ ปทุมธานี 1 และสุพรรณบุรี 1 มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ประมาณ 126 วัน ทั้งนี้ผลผลิตของข้าวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น การสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดที่ต้องอาศัยระยะพัฒนาและการเจริญเติบโตค่อนข้างนาน และมีน้ำหนักเมล็ดค่อนข้างมากด้วย (กรมการข้าว, 2549) จะเห็นได้ว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีผลผลิตต่างกันไปเมื่อปลูกในพื้นที่นากลุ่มและนาน้ำลึกซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบข้าวในแต่ละพื้นที่ พบว่า ข้าวแต่ละพันธุ์มีผลผลิตต่างกัน เช่น การทดสอบพันธุ์ข้าว 6 พันธุ์ในจังหวัดอ่างทอง (ศานิต, 2554) และการทดสอบพันธุ์ข้าว 8 พันธุ์ในพื้นที่นาดอนของจังหวัดนครนายก (ศานิต และ วิษณุ, 2555) ดังนั้นในการเลือกใช้พันธุ์ข้าวปลูกในแต่ละสภาพแวดล้อมควรเลือกพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตเมล็ดสูง

สรุปผล

ข้าวแต่ละพันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่นาลุ่มและนาน้ำลึกมีการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดต่างกัน สำหรับการปลูกข้าวในนาลุ่ม พบว่า พันธุ์อยุธยา 1 มีผลผลิตเมล็ดมากที่สุด เท่ากับ 322 กก./ไร่ ในขณะที่พันธุ์พิษณุโลก 2 มีผลผลิตเมล็ดต่ำสุด เท่ากับ 128 กก./ไร่ ส่วนการปลูกข้าวในนาน้ำลึก พบว่า ข้าวที่ให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด คือ พันธุ์อยุธยา 1 (362 กก./ไร่) ในขณะที่ข้าวที่ให้ผลผลิตเมล็ดต่ำสุด คือ พันธุ์สุพรรณบุรี 1 (138 กก./ไร่)

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว, 2549, องค์ความรู้เรื่องข้าว, กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ

นิตยา รื่นสุข กษิณ ขำเลขะสิงห์ และ วาสนา อินแถลง, 2546, ผลผลิตของข้าวพันธุ์/สายพันธุ์ ดีเด่นเมื่อปลูกโดยวิธีหว่านและปักดำในสภาพการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างกันในพื้นที่ดินเปรี้ยว. ว. แก่นเกษตร, 31(3): 139-150.

นิตยา รื่นสุข กิ่งแก้ว คุณเขต และ ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, 2548, ระยะเก็บเกี่ยวและอัตราเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมของข้าวฤดูแรกในการปลูกข้าวแบบล้มตอซังในเขตภาคกลาง. ว. วิชาการเกษตร, 23(1): 53-67.

นิวัฒน์ นภีรงค์ พิษณุ หินตั้ง และ มณฑล ปุญญฤทธิ์, 2548, การทดสอบพันธุ์ข้าวญี่ปุ่นในนาเกษตรกรภาคเหนือตอนล่าง. ว. วิชาการเกษตร, 23(3): 228-240.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ วริสรา ปลื้มฤดี, 2550, การเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าว 5 พันธุ์, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ ฯ, หน้า 702-709.

ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2554, การผลิตข้าวตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมในจังหวัดอ่างทอง, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 278 หน้า.

ศานิต สวัสดิกาญจน์ และ วิษณุ ทรัพย์กร, 2555, การทดสอบเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในพื้นที่นาดอนของภาคกลาง. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร, 43(2): 169-172.

สถาบันวิจัยข้าว, 2544, ความรู้เรื่องข้าว, ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพ ฯ.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ สมชาย กรีฑาภิรมย์ สุภาพ บูรณากาญจน์ วารุณี วารัญญานนท์ พัชรี ตั้งตระกูล ทรงศักดิ์ รัฐปัตย์ ทรงชัย วัฒนพายัพกุล กรรณิกา นากลาง สว่าง โรจนกุศล และ พิทักษ์ พรอุไรสนิท, 2540, ผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อคุณภาพเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105, ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.), 31(1): 36-508.

Table 1 Stem height at harvesting stage, days to harvesting stage, seed yield, number of seed/ panicle and seed weight/100 seeds of eight rice varieties in lowland area planting

Rice varieties	Stem height at harvesting stage (cm)	Days to harvesting stage (days)	Seed yield (Kg/rai)	Number of seed/ panicle	Seed weight/ 100 seeds (g)
Prachinburi 2	116.30 C	189 A	270.40 B	226.30 A	3.254 BC
Ayutthaya 1	128.00 B	189 A	322.00 A	166.00 B	3.942 A
Phisanulok 2	69.25 E	137 B	128.00 F	130.50 D	3.183 BC
Phisanulok 3	162.30 A	189 A	241.00 C	119.30 F	3.401 B
Prathumthani 1	77.00 D	133 B	176.70 D	134.50 C	3.097 C
Suphanburi 1	71.50 DE	137 B	168.50 E	125.30 E	3.174 BC
C.V. (%)	2.79	4.82	5.64	2.94	4.06

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT

Table 2 Stem height at harvesting stage, days to harvesting stage, seed yield, number of seed/ panicle and seed weight/ 100 seeds of eight rice varieties in deeping water area planting

Rice varieties	Stem height at harvesting stage (cm)	Days to harvesting stage (days)	Seed yield (Kg/rai)	Number of seed/ panicle	Seed weight/ 100 seeds (g)
Prachinburi 1	152.30 A	198 A	237.50 C	185.30 C	3.399 A B
Prachinburi 2	123.00 C	196 A	296.00 B	238.80 B	3.88 A B
Ayutthaya 1	131.80 B	193 A	362.70 A	179.50 C	3.552 A
Prathumthani 1	95.25 D	126 C	203.00 C	116.80 D	3.261 B
Suphanburi 1	94.50 D	126 C	138.50 D	100.50 E	3.181 B
Khawbumroong	152.80 A	182 B	292.20 B	269.30 A	3.152 B
C.V. (%)	1.51	3.81	8.27	3.11	3.57

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT

ลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นและคุณภาพผลของประชากรผสมเปิดในมะละกอพันธุ์ ‘แก้มแหม่ม’

Plant Morphology and Fruit Quality of Open Pollinated Population in ‘Kaem Maem’

สุพรพรรณ ศรีมาศ[1] กฤษณี เอี่ยมจัด[1] สิริกุล วะสี[2] พีรพงษ์ แสงวนางค์กูล[3] และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์[1]

Srimat, S.[1], Iamjud, K.[1], Wasee, S.[2], Sangwanangkul, P.[3] and Thaipong, K.[1]

Abstract

Inconsistency of fruit quality is an important problem for processed papaya industry. The objective of this research was to evaluate plant morphology and fruit quality of open pollinated population in ‘Kaem Maem’ processing papaya. Open pollinated seeds of ‘Kaem Maem’ were collected from Chachoengsao province. The seeds were then sown and planted at an experimental field of the Department of Horticulture, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom province. Plant morphology and fruit quality were recorded from 30 hermaphrodite plants. The results showed that open pollinated plants of ‘Kaem Maem’ processing papaya had large variation in both plant morphological and fruit quality traits. At the first flowering stage, plant height varied from 90-160 cm, insertion height of the first flower varied from 68-115 cm, and number of node varied from 21-31 nodes. At the first fruit set stage, plant height varied from 170-245 cm, insertion height of the first fruit varied from 108-220 cm, and number of node varied from 30-66 nodes. Fruit weight varied from 1.34-3.45 kg, fruit length varied from 32.0-44.5 cm, fruit diameter varied from 9.2-13.5 cm, flesh thickness varied from 2.3-3.2 cm, flesh firmness varied from 5.4-44.1 N, and soluble solids varied from 7.1-12.6°Brix. Therefore, selection for homozygous variety is necessary to get more consistency of fruit quality.

Keywords: homozygosity, inbred line, processing papaya industry

บทคัดย่อ

ปัญหาสำคัญของอุตสาหกรรมมะละกอแปรรูปคือผลผลิตที่เข้าสู่โรงงานมีคุณภาพผลไม่สม่ำเสมอ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นและคุณภาพผลในประชากรผสมเปิดของมะละกอพันธุ์การค้า ‘แก้มแหม่ม’ โดยนำเมล็ดผสมเปิดของมะละกอพันธุ์ ‘แก้มแหม่ม’ จากสวนเกษตรกรในจังหวัดฉะเชิงเทรา มาปลูกทดสอบ ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม บันทึกข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นและคุณภาพผลจากต้นสมบูรณ์เพศ จำนวน 30 ต้น พบว่า ประชากรผสมเปิดของมะละกอพันธุ์ ‘แก้มแหม่ม’ มีความผันแปรมากทั้งลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นและคุณภาพผล ดังนี้ เมื่อออกดอกแรกมีความสูงต้นจากพื้นดินถึงปลายยอด ความสูงต้นจากพื้นดินถึงดอกแรก และจำนวนข้อจากพื้นดินถึงดอกแรก ระหว่าง 90-160 ซม. 68-115 ซม. และ 21-31 ข้อ ตามลำดับ เมื่อติดผลแรกมีความสูงต้นจากพื้นดินถึงปลายยอด ความสูงต้นจากพื้นดินถึงผลแรก และจำนวนข้อจากพื้นดินถึงผลแรก ระหว่าง 170-245 ซม. 108-220 ซม. และ 30-66 ข้อ ตามลำดับ น้ำหนักผล มีค่าระหว่าง 1.34-3.45 กก. ความยาวผลและความกว้างผล มีค่าระหว่าง 32.0-44.5 และ 9.2-13.5 ซม. ตามลำดับ ความหนาเนื้อ มีค่าระหว่าง 2.3-3.2 ซม. ความแน่นเนื้อ มีค่าระหว่าง 5.4-44.1 นิวตัน และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าระหว่าง 7.1-12.6°Brix จึงควรมีการคัดเลือกพันธุ์ให้มีความคงตัวทางพันธุกรรม เพื่อให้ผลผลิตที่เข้าสู่โรงงานมีคุณภาพสม่ำเสมอมากขึ้น

คำสำคัญ: ความคงตัวทางพันธุกรรม สายพันธุ์แท้ อุตสาหกรรมมะละกอแปรรูป

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[1] Department of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] ศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[2] Tropical Vegetable Research Center, Research and Development Institute, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[3] ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[3] Postharvest Technology Center, Research and Development Institute, Kasetsart University, Kampaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

คำนำ

มะละกอพันธุ์ 'แก้มแหม่ม' เป็นสายพันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อส่งโรงงานแปรรูปบรรจุกระป๋อง เนื่องจากมีลักษณะผลทรงกระบอกยาว เนื้อแน่น สีแดง โดยเกณฑ์มะละกอแปรรูปที่โรงงานต้องการ คือ ผลขนาดใหญ่ น้ำหนักผลมากกว่า 800 กรัม เนื้อหนา 1.5 เซนติเมตร ขึ้นไป เนื้อแน่น เนื้อสีแดงและเนื้อสีเหลือง สีเนื้อสม่ำเสมอทั้งผล ผลทรงกระบอกตรงหรือทรงกลมยาวหรือกลมรี ผลสุกเปลือกมีสีเหลือง 2-3 แต้ม (สิริกุล, 2552) โดยต้องการในอัตราส่วนเนื้อสีแดง 2 ส่วน เนื้อสีเหลือง 1 ส่วน เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นมะละกอฟรุตสลัดหรือฟรุตคอกเทล น้ำมะละกอเข้มข้น ซอสมะละกอ แยมฟรุตสลัด และใช้ทดแทนซอสมะเขือเทศ เป็นต้น โดยสถิติการส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูปมะละกอของกรมศุลกากรประเทศไทยระบุว่าในปี 2551 ส่งออกมะละกอแปรรูปในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ จำนวน 2,288 ตัน มูลค่า 96.68 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) โดยมีประเทศผู้นำเข้าที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา กรีซ อิตาลี ตามลำดับ (กระทรวงพาณิชย์, 2554) แต่ปัจจุบันผลผลิตมะละกอมีปริมาณลดลงอย่างมาก เนื่องจากปัญหาโรคใบด่างจุดวงแหวนระบาดทำให้เกษตรกรปลูกมะละกอในปริมาณที่น้อยลง และปัจจุบันพันธุ์มะละกอที่มีอยู่ไม่มีความคงตัวทางพันธุกรรม เนื่องจากเกษตรกรมีการปลูกมะละกอต่างสายพันธุ์ในบริเวณเดียวกันหรือใกล้เคียงกันและนิยมเก็บเมล็ดพันธุ์เองเพื่อใช้ปลูกในรุ่นต่อไปโดยไม่มีการควบคุมการผสมเกสร จึงทำให้มะละกอซึ่งเป็นพืชผสมข้ามมีโอกาสกลายพันธุ์ได้ง่าย ต้นที่ได้ในรุ่นต่อไปจึงไม่ตรงตามพันธุ์ คุณภาพ ปริมาณ และความสม่ำเสมอของผลผลิตจึงไม่ตรงตามความต้องการของตลาด ซึ่งถือว่าเป็นปัญหาสำคัญในอุตสาหกรรมแปรรูปมะละกอ (จริงแท้, 2552) การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นและคุณภาพผลของประชากรผสมเปิดในมะละกอสายพันธุ์ 'แก้มแหม่ม' เพื่อให้ทราบข้อมูลพื้นฐานในด้านสายพันธุ์สำหรับนำมาใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกพันธุ์ให้มีความคงตัวทางพันธุกรรมและลดปัญหาเรื่องคุณภาพและความไม่สม่ำเสมอของผลผลิตมะละกอที่จะผลิตออกสู่ตลาดและภาคอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกทดสอบในแปลง

นำเมล็ดผสมเปิดของมะละกอพันธุ์ 'แก้มแหม่ม' ที่รวบรวมจากสวนเกษตรกรในจังหวัดฉะเชิงเทราซึ่งเป็นแหล่งปลูกสำคัญมาปลูกทดสอบ ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม จำนวน 30 ต้น เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะคุณภาพผล

การบันทึกข้อมูลลักษณะสัณฐานวิทยาของต้น

ความสูงทรงพุ่มเมื่อออกดอกแรก วัดจากพื้นดินจนถึงปลายยอด หน่วยเป็นเซนติเมตร ความสูงของดอกแรก วัดจากพื้นดินจนถึงดอกแรก หน่วยเป็นเซนติเมตร จำนวนข้อที่ออกดอกแรก นับข้อแรกจากพื้นดินจนถึงข้อที่ให้ดอกแรก ความสูงทรงพุ่มเมื่อติดผลแรก วัดจากพื้นดินจนถึงปลายยอด หน่วยเป็นเซนติเมตร ความสูงผลแรก วัดจากพื้นดินจนถึงผลแรก หน่วยเป็นเซนติเมตร และจำนวนข้อที่ติดผลแรก นับข้อแรกจากพื้นดินจนถึงผลแรก

การบันทึกข้อมูลลักษณะคุณภาพผล

น้ำหนักผล ชั่งน้ำหนักผลโดยใช้เครื่องชั่ง (BA4100S, Sartorius Basic, Deutschland) หน่วยเป็นกิโลกรัม ความยาวผล วัดความยาวผลจากปลายผลมาหาขั้วผลโดยใช้ไม้บรรทัด หน่วยเป็นเซนติเมตร ความกว้างผล วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลเมื่อผ่าตามขวาง หน่วยเป็นเซนติเมตร ความหนาเนื้อ วัดความหนาเนื้อส่วนที่หนาสุดและบางสุด เมื่อผ่าตามขวาง หน่วยเป็นเซนติเมตร ความแน่นเนื้อ วัดด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อขนาด 5 กิโลกรัม หัววัดรูปทรงกระบอก (cylinder shape) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 เซนติเมตร วัดตำแหน่งกลางผลสองด้าน เมื่อผ่าผลตามขวาง หน่วยเป็นนิวตัน และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Soluble Solids; TSS) บันทึกปริมาณ SS โดยใช้น้ำคั้นจากผลมะละกอหยดลงบน Pocket Refractometer รุ่น PAL-1 (Atago, Japan) บันทึกผลเป็นองศาบริกซ์ (^{o}Brix)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะสัณฐานวิทยาของต้น

เมื่อศึกษาประชากรผสมเปิดของมะละกอพันธุ์ 'แก้มแหม่ม' พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นมะละกอ มีความผันแปรมาก โดยระยะออกดอกแรกมีความสูงต้นจากพื้นดินถึงปลายยอด ความสูงต้นจากพื้นดินถึงดอกแรก และจำนวนข้อจากพื้นดินถึงดอกแรก ระหว่าง 90-160 เซนติเมตร 68-115 เซนติเมตร และ 21-31 ข้อ ตามลำดับ ระยะติดผลแรกมีความสูง

ต้นจากพื้นดินถึงปลายยอด ความสูงต้นจากพื้นดินถึงผลแรก และจำนวนข้อจากพื้นดินถึงผลแรก ระหว่าง 170-245 เซนติเมตร 108-220 เซนติเมตร และ 30-66 ข้อ ตามลำดับ (Table 1)

ลักษณะคุณภาพผล

คุณภาพผลมีความผันแปรมากเช่นเดียวกับลักษณะสัณฐานวิทยาของต้น โดยน้ำหนักผล มีค่าระหว่าง 1.34-3.45 กิโลกรัม ความยาวผลและความกว้างผล มีค่าระหว่าง 32.0-44.5 และ 9.2-13.5 เซนติเมตร ตามลำดับ ความหนาเนื้อ มีค่าระหว่าง 2.3-3.2 เซนติเมตร ความแน่นเนื้อ มีค่าระหว่าง 5.4-44.1 นิวตัน และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าระหว่าง 7.1-12.6°Brix ตามลำดับ (Table 1) อย่างไรก็ตามคุณภาพผลที่มีความผันแปรมากนี้ยังอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่โรงงานแปรรูปมะละกอต้องการ คือ น้ำหนักผลมากกว่า 800 กรัม เนื้อหนา 1.5 เซนติเมตร ขึ้นไป และเนื้อแน่น (สิริกุล, 2552)

การที่พบว่าประชากรผสมเปิดของมะละกอพันธุ์การค้า 'แก้มแหม่ม' มีความผันแปรของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นและคุณภาพผลมากนั้น แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ 'แก้มแหม่ม' ที่เกษตรกรปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันนี้อาจเกิดการกลายพันธุ์แล้ว และถึงแม้ว่าคุณภาพผลยังอยู่ในเกณฑ์ที่โรงงานแปรรูปยอมรับก็ตาม แต่คุณภาพผลที่เข้าสู่โรงงานจะไม่มีความสม่ำเสมอ จึงควรมีการคัดเลือกพันธุ์ใหม่เพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีความคงตัวทางพันธุกรรม เพื่อให้ผลผลิตที่เข้าสู่โรงงานมีคุณภาพสม่ำเสมอมากขึ้น การที่เกิดการผันแปรของสายพันธุ์อาจเนื่องมาจากเกษตรกรมีการปลูกมะละกอต่างสายพันธุ์ในบริเวณเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน ทำให้มะละกอซึ่งเป็นพืชผสมข้ามมีโอกาสกลายพันธุ์ได้ง่าย ลูกที่ได้ในรุ่นต่อมาจึงมีการเจริญเติบโตที่ไม่สม่ำเสมอ คุณภาพผลผันแปรไปและไม่ตรงตามพันธุ์ เช่น การปลูกมะละกอพันธุ์เนื้อสีแดงและเนื้อสีเหลืองปนกันส่งผลให้เกิดการกลายของสีเนื้อขึ้น เพราะการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ทำให้ยีนสีเหลืองซึ่งเป็นยีนเด่นข่มการแสดงออกของยีนสีแดงซึ่งเป็นยีนด้อย (Chan, 2008) เมื่อเกษตรกรคัดเลือกและเก็บรักษาพันธุ์เพื่อปลูกต่อด้วยตัวเองจึงทำให้มีปัญหาเรื่องพันธุ์ที่ไม่แน่นอนมากยิ่งขึ้น ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวเกษตรกรที่ต้องการเก็บเมล็ดพันธุ์เพื่อใช้ปลูกเอง ควรมีการคัดเลือกต้นมะละกอสมบูรณ์เพศที่มีการเจริญเติบโตดี ไม่แสดงอาการของโรคใบด่างจุดวงแหวน ติดผลดก และมีคุณภาพผลตรงกับเกณฑ์ที่โรงงานแปรรูปต้องการ ควบคุมการผสมเกสรโดยการคลุมดอกสมบูรณ์เพศด้วยถุงกระดาษไขเพื่อให้มีการผสมตัวเอง และเป็นการรักษาพันธุ์ให้คงที่ไว้ปลูกต่อไป

สรุปผล

ข้อมูลสัณฐานวิทยาของต้นและคุณภาพผลในประชากรผสมเปิดของมะละกอพันธุ์การค้า 'แก้มแหม่ม' มีความแตกต่างกันมาก แสดงว่าพันธุ์ 'แก้มแหม่ม' ที่เกษตรกรปลูกเป็นการค้านั้นมีความผันแปรของพันธุ์ จึงควรมีการคัดเลือกพันธุ์ให้มีความคงตัวทางพันธุกรรม เพื่อให้ผลผลิตที่เข้าสู่โรงงานมีคุณภาพสม่ำเสมอมากขึ้น

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนการวิจัย และภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพาณิชย์, 2554, Thai exports of canned papaya [สืบค้น], http:// www.moc.go.th [23/ November/ 2010].

จริงแท้ ศิริพานิช, 2552, มะละกอไทย สถานภาพด้านสายพันธุ์ ระบบการผลิตและการตลาด, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ, 136 หน้า.

สิริกุล วะสี, 2552, ระบบการผลิตมะละกออุตสาหกรรม, น. 89-109. *ใน* มะละกอไทย สถานภาพด้านสายพันธุ์ ระบบการผลิตและการตลาด, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ, 136 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553, ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร [สืบค้น], http://www.oae.go.th/pdffile/commodity.pdf. [20/ November/ 2010].

Chan, Y.K., 2008, Papaya (*Carica papaya*), *In* Breeding Horticultural Crops@ MARDI, (Chan Ying Kwok, Tan Swee Lian and Siti Hawa Jamaluddin, eds.), Kuala Lumpur, 175-206 p.

Table 1 Plant morphological and fruit quality traits of open pollinated population in 'Kaem Maem' processing papaya.

Plant No.	At first flowering stage			At first fruit set stage			Fruit weight (kg)	Fruit length (cm)	Fruit diameter (cm)	Flesh thickness (cm)	Flesh firmness (N)	SS (%Brix)
	Plant height (cm)	Insertion height (cm)	Number of node	Plant height (cm)	Insertion height (cm)	Number of node						
1	115	75	28	245	165	61	1.63	33.5	11.0	2.6	5.4	11.6
2	105	75	29	245	153	47	1.43	33.0	9.5	2.6	7.8	11.6
3	105	75	30	245	220	66	2.29	37.5	10.5	2.8	7.8	9.8
4	110	80	28	245	170	59	1.58	34.0	10.5	2.3	10.8	12.6
5	134	87	28	245	213	61	1.41	32.5	9.5	2.5	25.5	10.2
6	123	85	28	245	205	60	1.65	33.5	9.5	2.5	25.8	10.5
7	125	94	27	245	185	62	1.72	37.0	9.6	2.7	32.0	10.5
8	120	95	29	245	135	47	1.73	39.0	10.5	2.7	32.0	10.8
9	150	109	26	190	120	38	2.05	35.5	11.0	3.0	41.2	7.1
10	125	89	31	245	180	46	2.63	43.0	11.4	3.0	6.3	9.5
11	108	83	27	245	165	49	2.34	42.5	10.0	2.9	8.8	9.1
12	120	84	30	210	150	41	1.98	39.0	11.5	2.7	34.0	11
13	120	83	30	200	131	34	2.06	39.5	12.0	2.8	34.5	12
14	90	69	28	200	116	30	2.13	41.0	13.5	2.8	35.0	12.3
15	109	72	26	215	122	32	1.67	34.5	10.5	2.6	39.2	8.0
16	155	110	27	245	141	33	1.60	34.0	10.0	2.8	34.3	9.9
17	129	94	29	225	138	38	1.48	33.5	9.9	2.7	42.7	9.1
18	130	95	26	245	132	39	1.88	36.0	10.1	3.2	39.2	10.2
19	91	70	27	200	108	34	1.34	32.0	9.2	2.5	43.2	8.1
20	135	90	27	180	125	40	1.70	36.0	10.0	2.6	44.1	9.6
21	127	88	28	175	115	37	3.45	44.5	12.5	3.2	44.1	8.0
22	144	98	27	198	135	33	1.89	37.0	9.4	2.9	42.2	8.9
23	95	68	27	195	123	33	1.39	32.5	9.2	2.5	43.2	8.1
24	95	75	28	170	112	40	3.10	41.0	12.5	3.2	38.7	9.8
25	120	95	26	210	122	32	2.50	41.0	12.0	3.2	40.2	10.1
26	130	95	21	230	127	35	3.12	41.0	13.5	3.1	40.2	9.8
27	100	75	27	235	160	35	2.83	42.5	11.8	3.2	40.2	9.7
28	160	114	28	245	145	35	1.65	32.5	10.3	2.8	44.1	9.9
29	145	109	26	245	142	32	1.72	35.0	9.8	2.9	39.2	8.0
30	146	115	26	240	157	33	2.26	39.5	11.0	3.1	37.3	9.1
Mean	122	88	28	223	147	42	2.01	37.1	10.7	2.8	32.0	9.8
SD	19.0	13.7	1.8	25.4	30.0	11.1	0.6	3.8	1.2	0.3	13.2	1.4

การเปรียบเทียบวิธีการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยไข่ในถุงพลาสติกแบบต่าง ๆเพื่อการส่งออก

Comparative Study on Different Storage Life Extension of Emperor Banana ('Kluai Khai') in Deferent Plastic Bags for Export

เฉลิมชัย วงษ์อารี[1,2] **ชวนพิศ จิระพงษ์**[1] **กาญจนา วรราษฎร์**[1] **และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย**[1,2]

Wongs-Aree C.[1,2], Jirapong, C.[1],Worarad, K.[1], and Boonyaritthongchai, P.[1,2]

Abstract

This research aimed to study various plastic bags for storage life extension of Emperor banana ('Kluai Khai') for export by keeping banana combs in sealed polyethylene bagged (PE), active polyethylene bags (AC) and ethylene absorbent bags (EA) compared with non-bagged banana (control). All treatments were kept at 13°C for 30 days. Storage in PE bags significantly prevented weight loss and delayed the senescence of the banana by retarding peel yellow changes, firmness and an increase of total soluble solids compared to other treatments when control banana fully ripped on day 24. C_2H_4 accumulations of had space in PE bags were lower than in the AC and EA bags whereas CO_2 accumulations were higher than in the AC and EA bags at first 18 days of storage. Furthermore, consumer preferred appearance of banana in PE bags than others. Thus keeping banana in sealed PE bags at 13°C effectively maintained the quality and delayed fruit ripening more than 30 days.

Keywords: Kluai Khai, storage life, package, export

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบวิธีการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยไข่เพื่อการส่งออกในถุงพลาสติกชนิดต่างๆ โดยการบรรจุหวีกล้วยไข่ในถุง polyethylene (PE), active polyethylene (AC) และถุงกำจัดเอทิลีน (EA) ปิดผนึกเปรียบเทียบกับกล้วยไข่ที่ไม่ได้บรรจุในถุง (ชุดควบคุม) โดยนำกล้วยไข่ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C นาน 30 วัน การเก็บกล้วยไข่ในถุงปิดผนึกสามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักสดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งและชะลอการเสื่อมสภาพของกล้วยไข่ได้ดี โดยไปชะลอการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของเปลือก การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ และการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ โดยชุดควบคุมมีการสุกในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา นอกจากนี้การเก็บรักษาในถุง PE มีแนวโน้มการสะสมก๊าซเอทิลีนในถุงต่ำกว่ากล้วยไข่ที่บรรจุในถุง AC และ EA ในขณะที่การสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุง PE มีปริมาณมากกว่ากล้วยไข่ที่บรรจุในถุง AC และ EA ในช่วง 18 วันแรกของการเก็บรักษาและจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสผู้บริโภคยอมรับกล้วยไข่ที่บรรจุในถุง PE มากกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้บรรจุถุง (ชุดควบคุม) กล้วยไข่ที่บรรจุในถุง AC และ EA ดังนั้น การบรรจุกล้วยไข่ในถุง PE ปิดผนึกร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C สามารถชะลอการสุกการเสื่อมสภาพของกล้วยไข่ได้ไม่น้อยกว่า 30 วัน

คำสำคัญ: กล้วยไข่ การเก็บรักษา ภาชนะบรรจุ การส่งออก

คำนำ

กล้วยไข่เป็นผลไม้ส่งออกที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยมของตลาดในประเทศจีน, ฮ่องกง และญี่ปุ่น ซึ่งต้องใช้เวลาในการขนส่งทางเรือนาน 3-4 สัปดาห์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องเก็บรักษาคุณภาพของกล้วยไข่ระหว่างการส่งออก ซึ่งอุณหภูมิต่ำเป็นปัจจัยสำคัญในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลกล้วย โดยสามารถชะลอการสุก สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษากล้วยโดยทั่วไป คือ 12-14°C (Marriot, 1980) นอกจากนี้การใช้ภาชนะบรรจุก็เป็นปัจจัยที่สำคัญช่วยยืดอายุและรักษาคุณภาพของกล้วยไข่ได้ เช่น การบรรจุในถุง PE ปิดผนึก (เฉลิมชัย, 2538) ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีการใช้สารหรือวัสดุที่มีสมบัติพิเศษในการดูดหรือคายก๊าซบางชนิดภายในภาชนะบรรจุให้เหมาะสมต่อผลิตผลแต่ละชนิด เช่น สารดูด

---

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10140

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Comission on Higher Education, Bangkok 10140

ซับเอทิลีน สารดูดความชื้น ในปัจจุบันกำลังเป็นที่สนใจของผู้ส่งออกสินค้าเกษตร งานวิจัยนี้จะเป็นวิธีการจำลองการเก็บรักษากล้วยไข่ในถุงพลาสติกแบบต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบและหาวิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสมที่จะใช้ในการส่งออกตลาดในประเทศแถบเอเชีย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำหวีกล้วยไข่มาจาก อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ที่มีความแก่ประมาณร้อยละ 80 จัดชุดการทดลองดังนี้ ไม่ใส่ถุงโพลีเอทิลีน (Non-PE) ใส่ถุง PE หนา 60 ไมครอน ขนาด 60 x 90 ซม (PE) บรรจุในถุง Active PE (ศูนย์ MTEC) (AC) และบรรจุในถุงกำจัดเอทิลีน (ศูนย์ MTEC) (EA) โดยทุกชุดการทดลองบรรจุกล้วยไข่จำนวน 4 หวี/ถุง แล้วขมวดมัดปลายถุง จากนั้น บรรจุถุงกล้วยลงในกล่องลูกฟูก นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C นำกล้วยมาตรวจเช็คคุณภาพทุกๆ 6 วัน เป็นเวลา 30 วัน

ผลการทดลอง

จากการทดลองการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยไข่เพื่อการส่งออกโดยบรรจุในถุง polyethylene (PE), active polyethylene (AC) และถุงกำจัดเอทิลีน (EA) เปรียบเทียบกับกล้วยไข่ที่ไม่ได้บรรจุในถุง (ชุดควบคุม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C นาน 30 วัน พบว่า การเก็บกล้วยไข่ในถุงพลาสติกปิดผนึกทุกชนิด สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักสดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกล้วยไข่ที่เก็บในถุง PE มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.49 ในขณะที่ชุดควบคุม (ไม่บรรจุถุง) ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับร้อยละ 10.45 ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา นอกจากนั้นการเก็บในถุงพลาสติกทุกชนิดยังชะลอการเสื่อมสภาพของกล้วยไข่ได้ โดยไปชะลอการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองของเปลือกได้ดี (Figure 1B) อย่างไรก็ตามการเก็บกล้วยไข่ในถุง PE ปิดผนึกมีการชะลอการอ่อนตัวของความแน่นเนื้อได้ดีมาก (Figure 1D) การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Figure 1C) โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา กล้วยไข่ที่บรรจุในถุง PE มีค่าความแน่นเนื้อ เท่ากับ 35.58 N ในขณะที่กล้วยไข่ที่ไม่ได้บรรจุในถุงมีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุด เท่ากับ 1.44 ส่วนกล้วยไข่ที่เก็บรักษาในถุง AC และ EA มีความแน่นเนื้อลดลงในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา และชุดควบคุมเริ่มมีการสุกในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา นอกจากนี้ในถุง PE มีแนวโน้มการสะสมก๊าซเอทิลีนต่ำกว่ากล้วยไข่ที่บรรจุในถุง AC และ EA (Figure 2A) ในขณะที่การสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถุง PE มีปริมาณมากกว่ากล้วยไข่ที่บรรจุในถุง AC และ EA ในช่วง 18 วันแรกของการเก็บรักษา (Figure 2B) และจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ผู้บริโภคยอมรับกล้วยไข่ที่บรรจุในถุง PE มากกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้บรรจุถุง (ชุดควบคุม) กล้วยไข่ที่บรรจุในถุง AC และ EA (Figure 2C) ดังนั้น การบรรจุกล้วยไข่ในถุง PE ปิดผนึกร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C สามารถชะลอการสุก การเสื่อมสภาพของกล้วยไข่ได้ดีตลอดการเก็บรักษานาน 30 วัน (Figure 3)

วิจารณ์ผล

การบรรจุกล้วยไข่ในถุง PE ปิดผนึก และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของกล้วยไข่ได้ดีตลอดการเก็บรักษา 30 วัน ส่วนการเก็บรักษากล้วยไข่ในถุง Active PE และถุงกำจัดเอทิลีนสามารถคงคุณภาพกล้วยดิบได้ประมาณ 18 วัน โดยกล้วยที่ไม่บรรจุถุงสุกบริบูรณ์ใน 24 วัน ความแน่นเนื้อเป็นคุณภาพที่สำคัญของกล้วยไข่ระหว่างการเก็บรักษา และการใช้ถุง PE เป็นถุงที่มีคุณสมบัติในการสร้างสภาพบรรยากาศภายในที่เหมาะสม ต่อกระบวนการทางชีวภาพต่างๆ ของกล้วยไข่ เช่น การหายใจ การคายน้ำ จึงสามารถชะลอการสุกและการเสื่อมสภาพของกล้วยไข่ได้ สอดคล้องกับเฉลิมชัย (2538) รายงานถึงการเก็บรักษาหวีกล้วยไข่ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงในถุง PE ขมวดปลาย และเก็บที่ 13°C ซึ่งทำให้กล้วยเขียวได้นานกว่า 5 สัปดาห์ นอกจากนั้น พบว่า ภายในบรรจุภัณฑ์ที่มี O_2 ในช่วง 5-10% และ CO_2 อยู่ ในช่วง 2-15% สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพของผักและผลไม้ และยืดอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น 2-5 เท่า (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2548) ส่วนการบรรจุกล้วยไข่ในถุง AC และ EA ในวันที่ 24 มีความแน่นเนื้อลดลงมาก ถึงแม้ว่าสีของเปลือกจะยังเขียวอยู่ ดังนั้น การที่ภายในถุง PE ที่เก็บกล้วยไข่มีการสะสมก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 6-18) คือประมาณ 8% (Figure 2B) ทำให้ CO_2 ไปยับยั้งการทำงานของเอทิลีนที่กล้วยผลิตในช่วงแรกได้ดี ซึ่ง CO_2 เป็นตัวยับยั้งการทำงานที่สำคัญของเอทิลีน

สรุปผล

การเก็บรักษากล้วยไข่ที่อุณหภูมิ 13°C ทำให้กล้วยไข่ที่ไม่บรรจุถุงพลาสติกสุกบริบูรณ์ใน 24 วัน ในขณะที่กล้วยไข่ที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดต่างๆเก็บได้ตลอด 30 วันของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามกล้วยที่เก็บในถุง PE ปิดสนิท สามารถคงคุณภาพที่ดีตลอด 30 วัน แต่กล้วยที่เก็บในถุง Active PE และถุงกำจัดเอทิลีน มีความแน่นเนื้อลดลงอย่างมากในหลังวันที่ 18 ของการเก็บรักษา

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย ศูนย์ MTEC ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องบรรจุภัณฑ์ และหลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เฉลิมชัย วงษ์อารี, 2538, ผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีต่อการเก็บรักษากล้วยไข่เพื่อการส่งออก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

วิจิตร วังใน, 2530, กล้วย, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, กรุงเทพฯ, หน้า 234-284.

Marriot, J., 1980, Bananas Physiology and Biochemistry of Storage and Ripening for Optimum Quality, CRC Critical Review of Food Science and Nutrition, 13: 41-88.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC), 2548, บรรจุภัณฑ์แอคทีฟเพื่อยืดอายุและรักษาคุณภาพของผักและผลไม้สด [สืบค้น], http://blog.eduzones.com/jade/3518/ [30/ June/ 13].

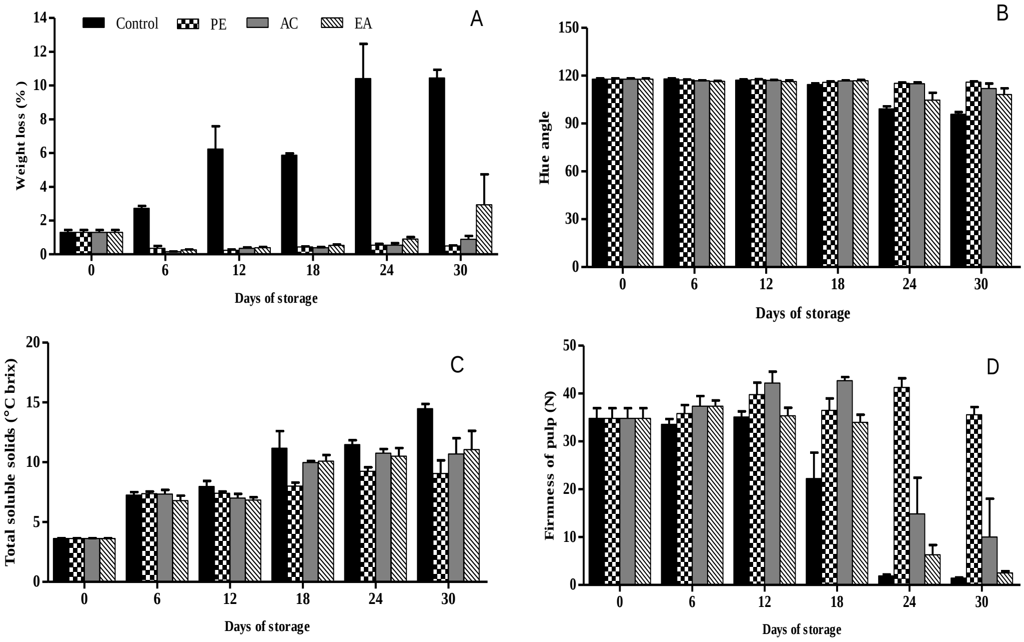


Figure 1 Weight loss (A), hue angle (B), total soluble solids (C) and firmness (D) of banana ('Kluai Khai') storage in in sealed polyethylene bagged (PE), active polyethylene bags (AC) and ethylene absorbent bags (EA) compared with non-bagged banana (control) at 13°C for 30 days.

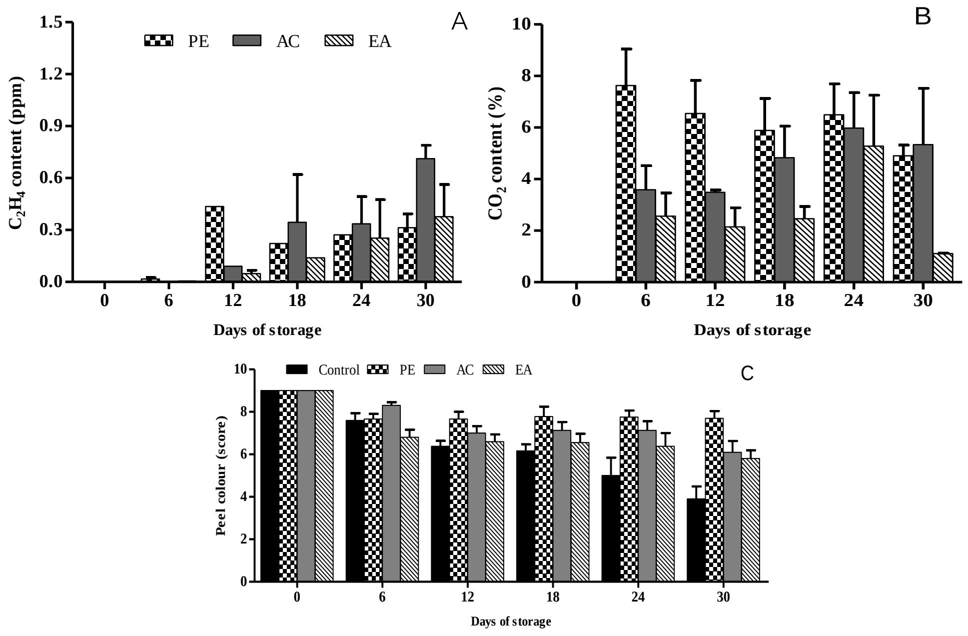


Figure 2 Ethylene content (A) carbon dioxide content (B) and peel color score (C) of banana ('Kluai Khai') storage in in sealed polyethylene bagged (PE), active polyethylene bags (AC) and ethylene absorbent bags (EA) compared with non-bagged banana (control) at 13°C for 30 days.

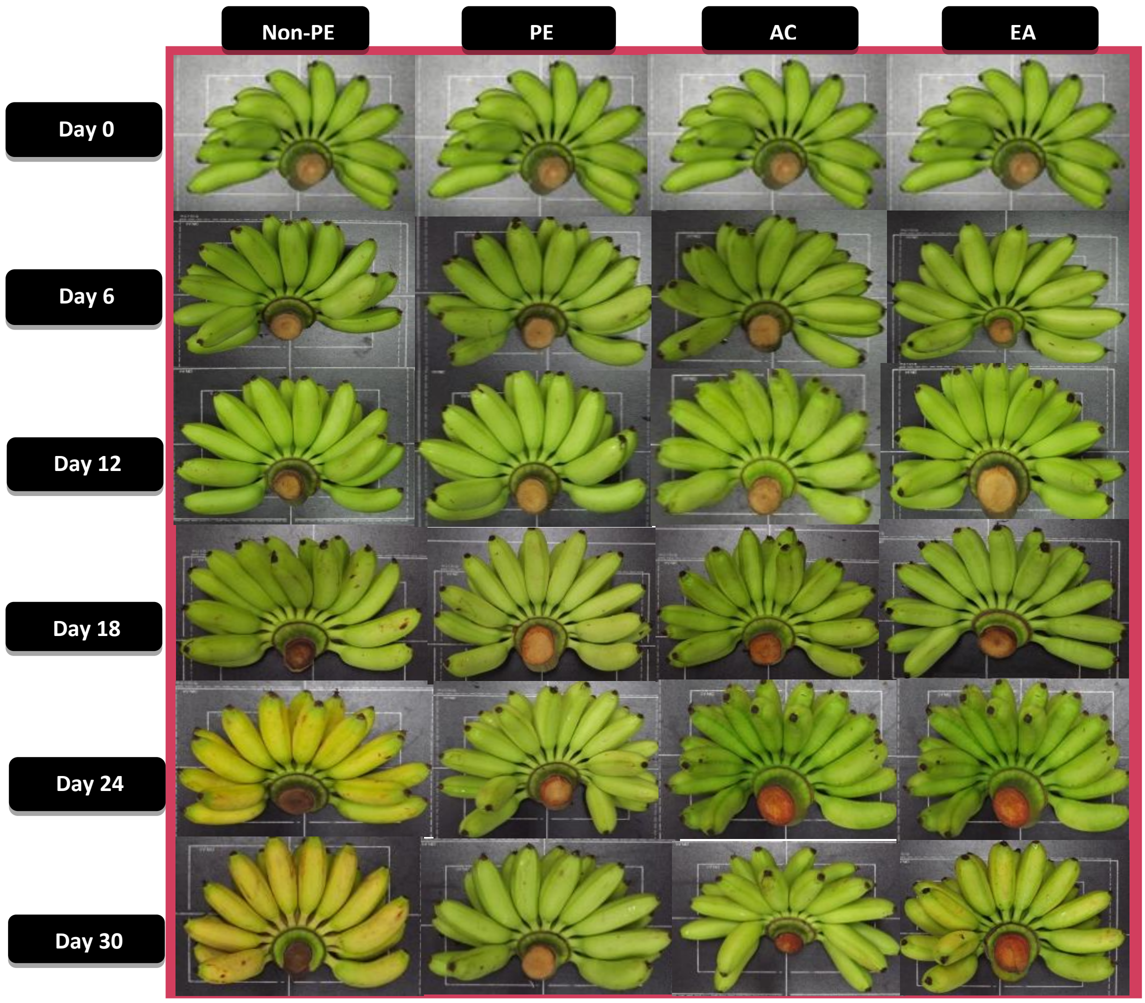


Figure 3 Appearance of banana in ('Kluai Khai') storage in in sealed polyethylene bagged (PE), active polyethylene bags (AC) and ethylene absorbent bags (EA) compared with non-bagged banana (control) at 13°C for 30 days.

ผลของอุณหภูมิสูงต่อลักษณะปรากฏและปริมาณแคโรทีนอยด์ของพริก

Chili Appearance and Carotenoid Content Affected by High Temperatures

วิศณีย์ โพธิ์หล้า[1] **และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย**[1]
Pola, W.[1] and Photchanachai, S.[1]

Abstract

This study was done to investigate the effect of high temperature treatments on the appearance and carotenoid content of dried chili. The dried chili, 3 cultivars, was purchased from a local market at Prapadeang District, Samut Prakan Province during June-July, 2013. ‘Bang Chang’ had the highest initial moisture content (MC) of 18.31% and carotenoid content which was estimated by the absorption value at 460 nm (OD_{460}) and followed by ‘Hua Rue’ (13.37% MC) and ‘Yod Son’ (11.00% MC).These samples were kept in sealed aluminum foil bags at 30 and 40°C for 21 days. The MC of the tested chili declined and the fruit colour also became dark red. These incidences were severe at 40°C. However, the carotenoid content was significantly reduced in the chili kept at 30°C compared to the temperature at 40°C. ‘Bang Chang’ was the most sensitive cultivar followed by ‘Hue Rue’ and ‘Yod Son’, respectively. Our results can conclude that the qualities of dried chili were highly significantly reduced within 21 days at the temperature beyond 30 °C. The change rate is cultivar dependent.

Keywords: dried chili, carotenoid

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เพื่อทดสอบผลของอุณหภูมิสูงต่อลักษณะที่ปรากฏและปริมาณแคโรทีนอยด์ของพริกแห้ง 3 พันธุ์ ที่ซื้อจากตลาดอำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ระหว่างเดือน มิ.ย.- ก.ค. 2556 พบว่า พริกพันธุ์บางช้างมีความชื้นเริ่มต้น (18.31 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณแคโรทีนอยด์ วัดจากค่าการดูดกลืนแสงที่ 460 นาโนเมตร (OD_{460}) สูงที่สุด รองลงมาคือพันธุ์หัวเรือ (13.37% MC) และยอดสน (11.00% MC) เมื่อเก็บตัวอย่างพริกแห้งในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึก ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่า ความชื้นในพริกแห้งลดลงและสีผลเปลี่ยนเป็นสีแดง-ดำ ซึ่งเกิดขึ้นมากเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แต่ปริมาณแคโรทีนอยด์ ของพริกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ลดลงมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เทียบกับเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และพันธุ์หัวเรือ เป็นพันธุ์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ยอดสน และบางช้าง ตามลำดับ จากผลการทดลองสรุปได้ว่า คุณภาพของพริกแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ หลังเก็บรักษา 21 วัน ที่อุณหภูมิมากกว่า 30 องศาเซลเซียส ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของพริกแห้ง

คำสำคัญ: พริกแห้ง แคโรทีนอยด์

คำนำ

พริกเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากประชากรเกือบทั่วโลกนิยมนำพริกมาใช้ในการประกอบอาหาร หรือใช้เป็นเครื่องปรุงรส ได้แก่ พริกป่น พริกแกง น้ำพริกเผา ซอสพริก เป็นต้น นอกจากนี้พริกยังมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีรงควัตถุในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ ช่วยต้านโรคมะเร็งและโรคหัวใจ Pearson (1976) ได้รายงานว่า พริกเป็นแหล่งวิตามินเอและวิตามินบีคอมเพล็กซ์ในปริมาณสูง เครื่องปรุงจากพริกมักแปรรูปมาจากพริกแห้ง และพริกแห้งมีอายุการเก็บรักษานานกว่าพริกสด อย่างไรก็ตาม พริกแห้งตามท้องตลาดส่วนใหญ่มีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากสีผลเปลี่ยนเป็นสีแดงคล้ำและความเผ็ดลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด สาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงเกิดจากการทำพริกแห้งด้วยอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการสูญเสียสารระเหย (volatile compounds) สารอาหาร (nutrients) และสารสี (pigment) (Chaethong และคณะ, 2012) และการเกิดสีคล้ำหรือน้ำตาลในผลิตภัณฑ์พริกแห้งอาจมีสาเหตุจากปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning) ซึ่งเป็นผลมาจากเอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) เป็น

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน กรุงเทพ10150
[1] Postharvest Technology Programme, School of Bioresources and Technology, King Mongkut,s University of Technology Thonburi, Bangkuntein Campus, Bangkok 10150

ตัวกระตุ้นสารประกอบพวกฟีนอลิก (phenolic compound) ให้เกิดปฏิกิริยา oxidation เปลี่ยนเป็น quinines ที่มีสีน้ำตาลแดง และปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning) ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีภายในพริก ซึ่งมีผลต่อสี กลิ่น รส และคุณค่าทางโภชนาการ ปฏิกิริยาที่สำคัญ ได้แก่ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเนื่องมาจากออกซิเจน และปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล (Caramelization) (Food and Biotechnology club, 2556) สำหรับการเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์ในระหว่างการเก็บรักษา มักเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) (Bonnie และ Choo, 1999) โดยมีปัจจัยเสริมต่างๆ ได้แก่ ความร้อน แสง ออกซิเจน และอุณหภูมิ เป็นต้น (Aleksandra และ Biserka, 2004) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองเก็บรักษาพริกแห้ง 3 พันธุ์ ที่อุณหภูมิสูงเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏและปริมาณแคโรทีนอยด์ สำหรับเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวิจัยในเชิงลึกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำพริกแห้งจากตลาด อ. พระประแดง จ. สมุทรปราการ 3 พันธุ์ ได้แก่ บางช้าง หัวเรือ และ ยอดสน มาทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งเจือปน คัดเลือกผลที่มีสีไม่สม่ำเสมอ และผลที่เป็นโรคออก เก็บรักษาไว้ในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน วัดคุณภาพต่างๆ ของพริกแห้ง ได้แก่ ความชื้น โดยบดพริกเป็นชิ้นเล็กพอประมาณแล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 102±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ (AOAC,1995) วัดค่าสี (L* a* และ b*) โดยวางหัววัดบนพริกที่วางเรียงชิดกันจนไม่มีช่องว่าง ด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) วัดปริมาณแคโรทีนอยด์ โดยชั่งพริกแห้งที่บดละเอียด 0.1 กรัม ผสมกับสารละลายอะซีโตน 50 มิลลิลิตร ในภาชนะทึบแสง จากนั้นปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer นาน 10 นาที เก็บในที่มืด 30 นาที เขย่าเป็นระยะ กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร (ดัดแปลงจาก American Spice Trade Association, 1995) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ นำผลที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติโดย โปรแกรม SAS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลและวิจารณ์การทดลอง

พริกแห้ง ทั้ง 3 พันธุ์ ที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 และ 40°C เป็นเวลา 21 วัน มีความชื้นลดลงจากค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยพริกพันธุ์บางช้างมีความชื้นลดลงมากที่สุด (เริ่มต้นเท่ากับ 18.31% หลังเก็บที่อุณหภูมิ 30 และ 40°C ลดลงเหลือ 15.42 และ 12.29 ตามลำดับ) ทั้งนี้อาจเกิดจากพันธุ์บางช้างมีความชื้นยังไม่ถึงจุดความชื้นสมดุล ส่วนความชื้นของพริกพันธุ์หัวเรือและยอดสนมีความชื้นไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้น (Table 1) และที่อุณหภูมิสูงทำให้น้ำระเหยออกจากพริกได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ และยังพบว่าพริกแต่ละพันธุ์มีสีแดงคล้ำ สังเกตจากค่าสี L* a* และ b* ซึ่งน่าจะมีสาเหตุจากความร้อนสูงกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและ/หรือปฏิกิริยาที่มีสาเหตุจากเอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) (Saltveit, 2000; Vega-Galvez และคณะ, 2008) เมื่อพิจารณาแต่ละพันธุ์ พบว่า พันธุ์หัวเรือ เป็นพันธุ์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกมากที่สุด ทั้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 30 และ 40°C โดยมีค่า ΔE* เท่ากับ 5.23 และ 13.21 ตามลำดับ รองลงมาคือ ยอดสน และบางช้าง (Table 2) แสดงว่าความชื้นภายในผลพริกไม่ใช่ปัจจัยเสริมการเปลี่ยนแปลงสี จากการวัดปริมาณแคโรทีนอยด์ พบว่า พริกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40°C มีค่ามากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C อย่างมีนัยสำคัญ (Figure 1) ทั้งนี้อาจเกิดจากพริกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40°C เป็นพริกสีแดงคล้ำ ซึ่งสามารถดูดกลืนแสง (OD_{460}) ได้มากกว่าพริกสีแดงส้ม ซึ่งสารสีที่ดูดกลืนได้นั้นอาจไม่ใช่แคโรทีนอยด์เพียงชนิดเดียว แต่อาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ที่ทำให้มีสารสีที่เรียกว่า เมลานอยดิน (melanoidins) ซึ่งเป็นสารสีน้ำตาลที่เกิดในอาหาร (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2010) สำหรับพันธุ์บางช้างมีผลสีแดงเข้มมาก จึงมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าพันธุ์อื่น ซึ่งปริมาณแคโรทีนอยด์มีความแปรปรวนไปตามพันธุ์พริก (Levy และคณะ, 1995) โดยแคโรทีนอยด์จะมีปริมาณมากในพริกที่มีสีแดงเข้ม (Deli และคณะ 1992) แต่หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่า พริกพันธุ์หัวเรือมีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงมากที่สุด (คิดเป็น 97.95 และ 93.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (Table 3) ทั้งนี้อาจเกิดจากพันธุ์หัวเรือมีลักษณะเปลือกย่นมากกว่าพันธุ์อื่น ทำให้มีพื้นที่สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกมากโดยเฉพาะออกซิเจน จึงเกิดปฏิกิริยาเคมีเร็วขึ้น (สุรศักดิ์, 2545) โดยเฉพาะปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงมีโอกาสเกิดการเปลี่ยนแปลงแคโรทีนอยด์มากที่สุด (Bonnie และ Choo, 1999)

สรุปผล

การเก็บรักษาพริกแห้งที่อุณหภูมิ 2 ระดับ เป็นเวลา 21 วัน พบว่า ที่อุณหภูมิ 30°C พริกแห้งมีลักษณะปรากฏดีกว่า แต่มีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิ 40°C และพริกพันธุ์บางช้างมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุด ในขณะที่พริกพันธุ์หัวเรือเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกและปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ยอดสน และบางช้าง ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2010, Maillard reaction/ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด, Food Network Solution [Online], Available: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0397/maillard-reaction [27/09/2556]

สุรศักดิ์ ไวทยวงศ์สกุล, 2545, รู้จักกับพื้นที่ผิวกันหน่อย [Online], Available: http://www.material.chula.ac.th/RADIO45/July/radio7-2.htm [1/10/2556]

Aleksandra, N.T. and Biserka, L.V., 2004, Colour Change in Peper (*Capsicum annuum*) During Storage, APTEFF, 35: 59-64.

AOAC., 1995, Official Method of Analysis, Association of Official Analytical Chemistry, Virginia., 2, Chapter 27: 24.

ASTA., 1995, Extractable Colour in Capsicums and Their Oleoresins, Analytical method 20.1, Official Analytical Method of the American Spice Trade Association, Englewood, Cliffs, Nj, USA: American Spice Trade Association.

Bonnie, T.Y.P. and Choo, Y.M., 1999, Oxidation and Thermal Degradation of Carotenoids, Journal of Oil Palm Research, 2(1): 62-78.

Chaethong, K., Tunnarat, D. and Pongsawatmanit, R., 2012, Quality and Color Parameters of Dried Chili and Chili Powder Pretreated by Metabisulfite Soaking with Different Times and Concentrations, Kasetsart Journal: Natural Science, 46: 473-484.

Deli, J., Matus, Z. and Szabolcs, J., 1992, Carotenoid Composition in the Fruits of Black Paprika (*Capsicum annuum* Variety longum nigrum) during Ripening, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40(11): 2072-2076.

Food and Biotechnology Club, 2556, [Online], www.Sc.Chula.ac.th/clubs/Food club/Page_120.htm [25/08/2556]

Levy, A., Harel, S., Palevitch, D., Akiri, B., Managem, E. and Kanner, J., 1995, Carotenoid Pigments and β-carotene in Paprika Fruits (*Capsicum* Spp.) with Different Genotypes, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43: 362-366.

Pearson, D., 1976, Chemical Analysis of Foods, Church Hill Livingstone, London, UK : 72-73,138-143, 488-496.

Saltveit, M.E., 2000, Wound Induced Changes in Phenolic Metabolism and Tissue Browing are Alterad by Heat Shock, Postharvest Biology and Technology, 21, 61-69.

Vega-Galvez, A., Lemus-Mondaca, R., Bilbao-Seinz, C., Fito, P. and Andres, A., 2008, Effect of Air Drying Temperature on the Quality of Rehydrated Dried Red Bell Pepper (var. Lamuyo), Journal of Food Engineering, 85: 42-50.

Wiriya, P., Paiboon, T. and Somchat, S., 2009, Effect of Drying Air Temperature and Chemical Pretreatments on Quality of Dried Chill, International Food Research Journal, 16: 441-454.

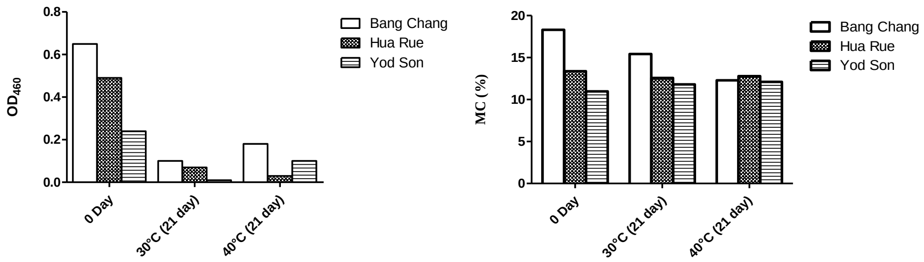


Figure 1 Moisture (% MC) and carotenoid (OD_{460}) contents in dried chili (3 cultivars) after storage in sealed aluminum foil bags at 30 and 40°C for 21 day

Table 1 Changing of moisture (% MC) content in dried chili (3 cultivars) after storage in sealed aluminum foil bags at 30 and 40°C for 21 day

Caltivars	0 Day	30°C	40°C
Bang Chang	18.31a	15.42a	12.29a
Hua Rue	13.37b	12.58b	12.79a
Yod Son	11.00b	11.81b	12.12a
F-test	**	**	**
C.V. (%)	9.00	5.73	7.05

Means in the column followed by the same letter are not significantly by Duncan's new multiple range test at $P \leq 0.05$

Table 2 L* a* and b* values in dried chili (3 cultivars) after storage in sealed aluminum foil bags at 30 and 40°C for 21 day

Cultivars	Before storage			30°C for 21 days			ΔE*	40°C for 21 days			ΔE*
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	30 °C	L*	a*	b*	40 °C
Bang Chang	28.91b	21.50c	8.70b	29.33c	18.64b	7.43a	3.27a	28.10	13.94b	4.91b	6.27b
Hua Rue	33.00a	32.10b	23.05a	36.73a	32.69a	26.02a	5.23a	28.89	23.05a	14.54a	13.21a
Yod Son	34.60a	33.70a	22.05a	33.63b	31.79a	20.32b	3.28a	30.08	26.21a	15.90a	11.00a
F-test	**	**	**	**	**	**	ns	*	**	**	**
C.V. (%)	4.06	2.12	7.11	2.13	4.70	3.16	34.97	3.30	14.00	14.04	15.18

Means in the column followed by the same letter are not significantly by Duncan's new multiple range test at $P \leq 0.05$

Table 3 Carotenoid in dried chili (3 cultivars) after storage in sealed aluminum foil bags at 30 and 40°C for 21 day

Cultivars	OD_{460}				
	Before storage	30°C for 21 D	ΔE 30°C (%)	40°C for 21 D	ΔE 40°C (%)
Bang Chang	0.65a	0.10a	84.61	0.18a	72.31
Bang Chang	0.49b	0.01b	97.95	0.03b	93.88
Bang Chang	0.24c	0.07ab	70.83	0.1ab	95.83
F-test	**	**	ND	**	ND
C.V. (%)	10.74	61.47	-	55.80	-

Means in the column followed by the same letter are not significantly by Duncan's new multiple range test at $P \leq 0.05$
ND = Non defected

การเปรียบเทียบการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO จากเปลือกหอยแครง และเปลือกปูทะเล ในการผลิตไบโอดีเซล

Comparison of Biodiesel Production Using CaO of Cockle Shell and Mud Crab Shell Catalysts

ศิริวัฒนา หัทสนธ์[1] รัตนชัย ไพรินทร์[1] และ คณิต กฤษณังกูร[1]

Hatthason, S.[1], Pairintra, R.[1] and Krisnangkura, K.[1]

Abstract

This research studied the variables that had percent of methyl ester, by varying the amount of catalyst (1, 2 and 3 wt%). Parametric studies have been investigated and optimal conditions were found to be catalysts as CaO of waste cockle shell and CaO of waste mud crab shell methanol/oil molar ratio, reaction temperature, 60°C for 2 h. All catalysts showed high biodiesel production activity over 99%. Catalyst for the 2 types, CaO produced from calcium oxide maintained sustained activity even after being repeatedly used for 1 cycles and result in the yield percent activity over 88%. Analysis of fatty acid methyl esters (FAME) and properties of biodiesel Sponification umber 230.94, Iodine alue 12.98, Heat of Combustion 38.78 MJ/kg, Viscosity 3.30 cSt and Cetane index 67.01. Analysis ofthe properties of the synthesized biodiesel was found to comply well with the standard set by the ASTM D6751 and EN 14214.

Keywords: biodiesel, transesterification, cockle shell, mud crab shell

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ CaO จากเปลือกหอยแครง และเปลือกปูทะเล ในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ เพื่อนำไปผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของเมทานอลและน้ำมันมะพร้าว โดยแปรปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1, 2 และ 3 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล สัดส่วนโมลของเมทานอลกับน้ำมันที่ 12:1 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์มากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ โดยตัวเร่ง CaO ที่ผลิตจากเปลือกปูทะเลให้ปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ที่มากกว่า CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยแครงเล็กน้อย จากการทดสอบการใช้ซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่า สามารถนำกลับมาใช้งานซ้ำได้จำนวน 1 ครั้ง ให้ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์มากกว่า 88 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาสมบัติต่างๆของน้ำมันไบโอดีเซล ได้แก่ ค่าสะปอนนิฟิเคชัน ค่าไอโอดีน ค่าความร้อน ค่าความหนืด และค่าซีเทน พบว่ามีค่าเท่ากับ 230.94, 12.98, 38.78 MJ/kg, 3.30 cSt และ 67.01 ตามลำดับ โดยเมทิลเอสเทอร์ที่ได้มีสมบัติผ่านมาตรฐานของ ASTM D6751 และ EN 14214

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เปลือกหอยแครง เปลือกปูทะเล

คำนำ

ปัจจุบันไบโอดีเซลได้รับความนิยมในเรื่องของพลังงานทดแทนจากธรรมชาติซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ที่หาได้ในท้องถิ่นที่นำมาพัฒนาและปรับปรุงโครงสร้าง อีกทั้งเป็นแนวทางหนึ่งเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลจากฟอสซิล รวมทั้งยังเป็นพลังงานที่สะอาด เนื่องจากมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ทำให้สลายตัวตามกระบวนการทางชีวภาพ สามารถช่วยลดการปลดปล่อยมลพิษของก๊าซหลายชนิดได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และสาร chlorofluorocarbon (CFC) ที่ก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน (Gerpen, 2005) ไบโอดีเซลผลิตได้จากน้ำมันพืชชนิดต่างๆ หรือไขมันสัตว์ผ่านปฏิกิริยา ทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยการเติมเมทานอลและตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้สภาวะที่เหมาะสม มีทั้งที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธุ์ (Homogeneous catalysts) และตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ (Heterogeneous catalysts) โดยทั่วไปนิยมใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธุ์ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาที่ว่องไว ในอุตสาหกรรมไบโอดีเซลทั่วไปจะใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เนื่องจากสามารถให้ผลผลิตที่สูงและเกิดปฏิกิริยาในเวลาอันรวดเร็ว (Vicente และคณะ, 2004) อย่างไรก็ตามก็มีข้อเสียในการแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกมาจากผลิตภัณฑ์หลังจาก

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49Tientalay Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

เกิดปฏิกิริยา โดยต้องใช้น้ำล้างในปริมาณที่มาก และทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณลดลง ซึ่งการกำจัดตัวเร่งปฏิกิริยาออกมีผลทำให้เกิดสบู่ในระบบจากปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชั่น (Saponification) ของด่างกับกรดไขมันอิสระ และส่งผลทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม (Schuchardt และคณะ, 1998) ดังนั้นจึงมีการศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ (Heterogeneous catalysts) เพื่อใช้แทนตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธุ์โดยมีข้อได้เปรียบ คือ จะไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันกับสารตั้งต้น ทำให้สามารถแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากผลิตภัณฑ์ได้ง่ายโดยใช้การกรอง หรือทิ้งไว้ให้ตกตะกอน ซึ่งไม่ต้องอาศัยกระบวนการล้างน้ำ ช่วยลดปัญหาการเกิดสบู่ในกระบวนการล้างผลิตภัณฑ์ ทำ ให้ลดการ เกิดน้ำเสีย ในกระบวนการ ช่วยลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม และสามารถนำตัวเร่งปฏิกิริยานี้มาใช้ซ้ำได้อีก ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ซึ่งมีหลายชนิดได้แก่ สารประกอบโลหะอัลคาไลน์เอิร์ท (Alkaline-earth metal compound) เช่น แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดหนึ่งที่มีความน่าสนใจ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ ได้แก่ CaO จากเปลือกหอยแครง และเปลือกปูทะเล ในการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นจากน้ำมันมะพร้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว กระตุ้นตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง โดยนำตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์กวนผสมกับเมทานอล ทำให้แคลเซียมออกไซด์เปลี่ยนเป็นแคลเซียมเมทอกไซด์ จาก นั้นเติมน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้ลงไป กวนทำปฏิกิริยาในสภาวะที่ทำการศึกษา หยุดปฏิกิริยาด้วยกรดอะซิติก และแยกไบโอดีเซลและตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ออก แล้ววัดค่า pH เท่ากับ 7

การวิเคราะห์ร้อยละผลผลิตของเมทิลเอสเทอร์ วิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography(HPLC) โดยใช้คอลัมน์ชนิด Phenogel ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 7.8 mm ความยาว 300 mm ขนาดบรรจุอนุภาค 5 μm ความพรุน 100 ˚A และใช้เครื่องตรวจวัดชนิด Evaporative Light Scattering Detector (ELSD)

วิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันมะพร้าว วิเคราะห์กรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ รุ่น GC-2010 ใช้เครื่องตรวจวัดชนิด FID ต่อพ่วงกับเครื่องประมวลผล CBM-102 โดยใช้คอลัมน์ RTX-2330 (90% Bis-Cyanopropyl, 10% Cyanopropyl polysiloxane) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร โดยใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สตัวพา ระบบฉีดสารแบบแบ่งส่วน 50:1 อุณหภูมิของอินเจคเตอร์ และส่วนตรวจวัดเท่ากับ 250°C ส่วนเตาอบตั้งค่าอุณหภูมิ 180°C นำตัวอย่างกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ละลายในเฮกเซน ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโต-กราฟี แล้วพิสูจน์เอกลักษณ์ของกรดไขมัน โดยเทียบจากค่าเวลาคงค้าง (Retention Time; t_R) ของสารมาตรฐาน และคำนวณสัดส่วนร้อยละขององค์ประกอบจากพื้นที่ใต้พีคของสารแต่ละชนิด

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟไปวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของไบโอดีเซล ได้แก่ ค่าสะปอนิฟิเคชัน (Saponification Number, *SN*), การคำนวณค่าไอโอดีน (Iodine Value, *IV*), การวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนในกระบวนการสันดาป (Heat of Combustion, *HG*) การคำนวณหาค่าความหนืด (Viscosity, *μ*) และ ค่าซีเทน (Cetane Index, *CI*)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ และสภาวะที่เหมาะสมที่มีผลต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าว โดยใช้ตัวเร่งวิวิธพันธ์ คือ CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอย และเปลือกปู เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งแสดงผลการทดลองในรูปแนวโน้วของปริมาณร้อยละขององค์ประกอบของเมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์ (Methyl ester content, %FAME) พบว่าสัดส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันมีผลช่วยให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นที่ 6:1 และ 9:1 ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มปริมาณเมทิลเอสเทอร์ได้สูงสุดถึง 93.3% และ 98.7% ตามลำดับ ที่สัดส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่ 12:1 สามารถช่วยเพิ่มปริมาณเมทิลเอสเทอร์ได้ถึง 100% โดยเป็นการเกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Xuejun และคณะ (2008) ที่พบว่าการรบกวนสมดุลด้วยการเพิ่มสัดส่วนแอลกอฮอล์ในปริมาณที่มากเกินพอจะสามารถผลักดันให้ปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้าเพื่อเกิดเป็นเมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น อิทธิผลของอุณหภูมิ จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 50 และ 55°C ซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยแครงและเปลือกปูทะเลร้อยละ 3%(w/v) เมทิลเอสเทอร์นั้นแปรผันตามการเพิ่มของอุณหภูมิ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60°C เกิดปฏิกิริยาได้ดีอย่างชัดเจนโดยมีปริมาณเมทิลเอสเทอร์มากกว่า 99% เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มพลังงานจลน์ของสารตั้งต้นในการเข้าทำปฏิกิริยาและช่วยเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ระหว่างเฟสของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ ทำให้

อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น (Darnoko และ Cheryan, 2000) อิทธิพลของเวลาในการทำปฏิกิริยา การเพิ่มเวลาจาก 0.5, 1, 1.5 จนถึง 2 ชั่วโมง ส่งผลทำให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น โดยสัดส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO จากเปลือกหอย ร้อยละ 3%(w/v) ส่งผลให้สารตั้งต้นกลายเป็นเมทิลเอสเทอร์ 99.5% ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และที่ในสภาวะอย่างเดียวกันที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO จากเปลือกปูส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ทำให้สารตั้งต้นกลายเป็นเมทิลเอสเทอร์ที่ 100% อิทธิพลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา การศึกษาการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยร้อยละ 1, 2 และ 3%(w/v) สัดส่วนโมลของเมทานอลกับน้ำมันที่ใช้ในช่วง 12:1 ที่อุณหภูมิ 60°C เวลา 2 ชั่วโมง พบว่า ให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ 86.7, 94.0 และมากกว่า 99.0% ตามลำดับ (Figure 1) ส่วนการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ผลิตจากเปลือกปูที่ปริมาณร้อยละ 1, 2 และ 3 ให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ 92.5, 98.6 และมากกว่า 99.0% ตามลำดับ (Figure 2) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu และคณะ (2008) ซึ่งพบว่าการเพิ่มขึ้นของตัวเร่งปฏิกิริยาถือเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของการเกิดปฏิกิริยาบนตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์สูงขึ้นและรวดเร็วขึ้น

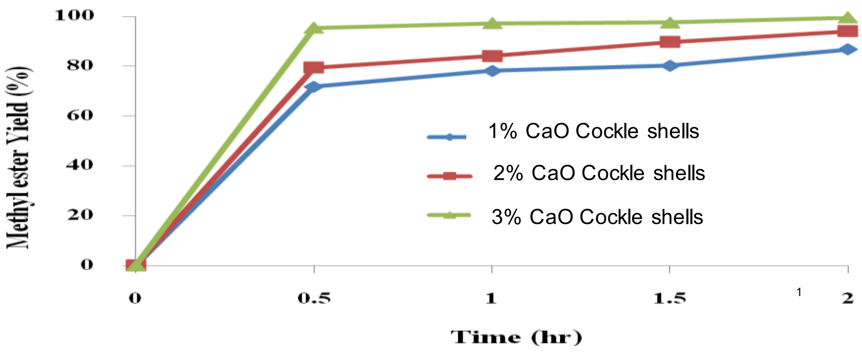


Figure 1 Effect of CaO cockle shells 1, 2 and 3%, molar ratio 12:1 ,Temp 60°C, Time 2 hr.

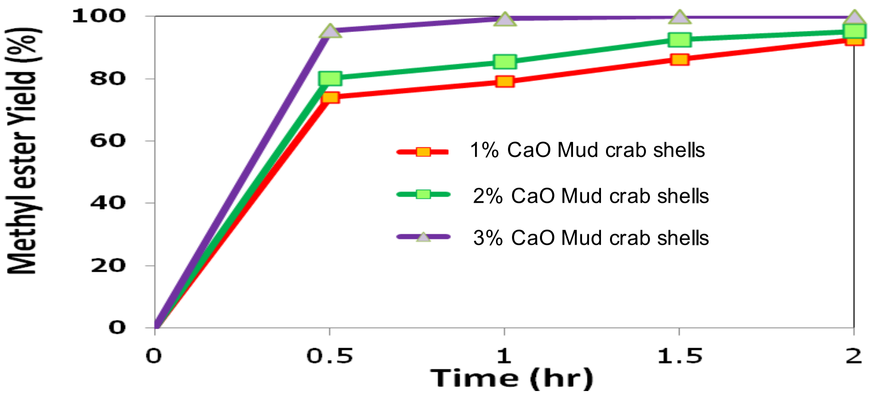


Figure 2 Effect of CaO Mud crab shells 1, 2 and 3%, molar ratio 12:1, Temp 60°C, Time 2 hr.

จากการใช้ซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยแครง จำนวน 4 ครั้ง พบว่าปริมาณเมทิลเอสเทอร์มีแนวโน้มที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนโดยสามารถนำกลับมาใช้งานซ้ำได้จำนวน 1 ครั้ง โดยให้ปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ 88.3% (Figure 3)

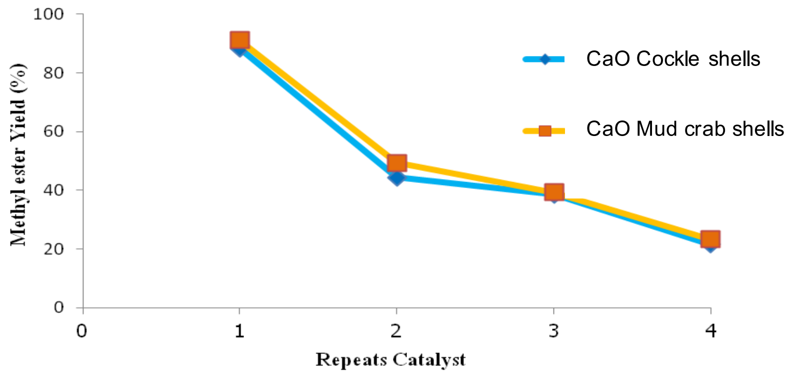


Figure 3 Effect of repeat catalysts Cao cockle shells and mud crab shells 3%, molar ratio 12:1, temp 60˚C, time 2 hr.

จากการศึกษาสมบัติต่างๆ ของน้ำมันไบโอดีเซล ได้แก่ ค่าสะปอนนิฟิเคชัน ค่าไอโอดีน ค่าความร้อน ค่าความหนืด และค่าซีเทน พบว่ามีค่าเท่ากับ 230.94, 12.98, 38.78 MJ/kg, 3.30 cSt และ 67.01 ตามลำดับ โดยเมทิลเอสเทอร์ที่ได้มีสมบัติผ่านมาตรฐานของ ASTM D6751 และ EN 14214

สรุปผล

สภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันมะพร้าวโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยและเปลือกปูทะเล ที่ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล อุณหภูมิ 60°C โมลของเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 12:1 เวลา 2 ชั่วโมง เป็นช่วงที่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ร้อยละเมทิลเอสเทอร์มากกว่า 99 สำหรับการนำตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ผลิตจากเปลือกหอยและเปลือกปู กลับมาใช้ซ้ำด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน สามารถนำกลับมาใช้งานซ้ำได้จำนวน 1 ครั้ง การเปรียบเทียบสมบัติไบโอดีเซลที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา CaO จากเปลือกหอยแครง และเปลือกปูทะเล มาตรฐาน ASTM D6751 และ EN 14214 พบว่า ค่าไอโอดีน ค่าความหนืด และ ค่าซีเทน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับค่าที่ไม่ได้มีในมาตรฐาน คือ ค่าสะปอนนิฟิเคชันมีค่าเท่ากับ 230.94 และ ค่าความร้อนมีค่าเท่ากับ 38.78 MJ/kg

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อรพิน เกิดชูชื่น รศ.ดร.ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีไขมัน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Darnoko, D. and Cheryan, M., 2000, Kinetics of Palm Oil Transesterification in a Batch Reactor, Journal of the American Oil Chemists' Society, 77(12): 1263-1267.

Gerpen, J.V., 2005, Biodiesel Processing and Production, Fuel Processing Technology, 86: 1097-1107.

Vicente, G., Martinez, M. and Aracil, J., 2004, Integrated Biodiesel Production: A Comparison of Different Homogeneous Catalysts Systems, Bioresource Technology, 92: 297-305.

Liu, X., He, H., Wang, Y., Zhu, S. and Piao, X., 2008, Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel Using CaO as A Soil Base Catalyst, Fuel, 87: 216-221.

Schuchardt, U., Sercheli, R. and Vargas, R.M., 1998, Transesterification of Vegetable Oils: A Review, Journal of the Brazilian Chemical Society, 9: 199-210.

Xuejun, L., Huayang, H., Yujun, W., Shenlin, Z., Xianglan, P., 2008, Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel Using CaO as a Solid Base Catalyst, Fuel, 87: 216–221.

ผลของการใช้น้ำสกัดชีวภาพเป็นปัจจัยการผลิตต่อข้าวสาลีสายพันธุ์ฝาง 60

Effect of Using by Bio Extract to Production Factor for Wheat ; *Triticum* spp. Fahng 60 Variety

ชินกฤต สุวรรณคีรี[1] และนิตยา บุญทิม[2]
Suwanakeree, C.[1] and Boontim, N.[2]

Abstract

The experiments were designed as Randomized Complete Block Design (RCB) that comprised 6 reps 3 treats. In T1, was after grown 20 days as pour with water to 50 l. T2-6, was after grown 20 days as pour with bio extract ratio 2 ml/l water to 50 l to bio extract's Mix vegetable, Santol, Sesbanai rostrata leaves, Lettuce + Long bean and bio extract's Apple snails. Data collection of each treatment of height, stalk weight, mix seed weight, filled seed weight and filled seed number was performed at harvesting day (84 days) as triplicate ; 10 plants/replicate. The result was showed that significant different (P<0.05) in height to 63.58, 58.33, 56.80, 56.47, 54.50 and 52.78 cm of t4, t5, t6, t3, t2 and t1, respectively. There were showed that not significant different (p>0.05) in stalk weight, mix seed weight, filled seed weight and filled seed number. The stalk weight was showed that to 19.47, 18, 17.03, 16.70, 16.36 and 16 gm, were found that t4, t2, t6, t5, t3 and t1, respectively. The mix seed weight was showed that to 13.60, 12.80, 10.67, 10.43, 9.37 and 8.20 gm, were found that t3, t4, T5, t6, t1 and t2, respectively. The filled seed weight was showed that to 9.13, 7.73, 7.40, 6.97, 6.73 and 6.40 gm, respectively. And there were showed that in filled seed number of 263.67, 231.67, 226.67, 203, 196.33 and 186 seed of t4, t6, t3, t1, t5 and t2, respectively.

Keywords: bio extract, wheat (*Triticum* spp.), production factor

บทคัดย่อ

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCB) จำนวน 6 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำคือ ตำรับ 1 หลังปลูก 20 วัน ราดน้ำเปล่า 50 ลิตร ตำรับ 2-6 หลังปลูก 20 วัน ราดด้วยน้ำสกัดชีวภาพ อัตรา 2 มล./น้ำ 1 ลิตร จำนวน 50 ลิตร คือ น้ำสกัดชีวภาพสูตรผักรวม กระท้อน ยอดใบโสนอัฟริกัน ผักกาด+ถั่วฝักยาว และสูตรหอยเชอรี เมื่อข้าวสาลีอายุได้ 84 วัน เก็บตัวอย่าง 10 ต้นต่อ 1 ซ้ำ วิเคราะห์หาค่าความสูง จำนวนเมล็ดดี น้ำหนักต้น เมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดี ผลการวิจัยพบว่า ความสูงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) คือ ตำรับ 4=63.58 ซม รองลงมาคือ ตำรับ 5, 6, 3, 2 และ 1=58.33, 56.80, 56.47, 54.50 และ 52.78 ซม ตามลำดับ สำหรับจำนวนเมล็ดดี น้ำหนักต้น เมล็ดรวมและน้ำหนักเมล็ดดีพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) คือ น้ำหนักต้น ตำรับที่ 4=19.47 ก. รองลงมาคือ ตำรับ 2, 6, 5, 3 และ 1 = 18, 17.03, 16.70, 16.36 และ 16 ก. น้ำหนักเมล็ดรวมคือ ตำรับ 3=13.60 ก. รองลงมาคือ ตำรับ 4, 6, 5, 1 และ 2=12.80, 10.67, 10.43, 9.37 และ 8.20 ก. น้ำหนักเมล็ดดีคือ ตำรับ 4= 9.13 ก. รองลงมาคือ ตำรับ 6, 3, 5, 1 และ 2=7.73, 7.40, 6.97, 6.73 และ 6.40 ก. ตามลำดับ ส่วนจำนวนเมล็ดดีคือ ตำรับ 4=263.67 เมล็ด รองลงมาคือ ตำรับ 6, 3, 1, 5 และ 2=231.67, 226.67, 203, 196.33 และ 186 เมล็ดตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำสกัดชีวภาพ ข้าวสาลี ปัจจัยการผลิต

คำนำ

ปัจจุบันน้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำได้มีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในกระบวนการผลิตทางการเกษตรและสิ่งแวดล้อม จะเห็นได้ว่าหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ได้ให้ความสำคัญต่อการเกษตรแบบเกษตรอินทรีย์หรือเกษตรปลอดสารพิษ โดยเฉพาะการผลักดันให้เกษตรอินทรีย์เป็นวาระแห่งชาติ น้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำเป็นอีกรูปแบบ

[1] ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
[1] Center for Agricultural Resource System Research, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200
[2] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
[2] Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University 50200

หนึ่งที่เกษตรกรและนักวิชาการ นักวิจัย ได้นำมาศึกษาวิจัยและใช้ในกระบวนการผลิตผลทางการเกษตร เพื่อตอบสนองต่อนโยบายภาครัฐที่ผลักดันเกษตรอินทรีย์เป็นวาระแห่งชาติ โดยได้พยายามศึกษาวิจัยให้เกษตรกรสามารถลด เลิก ละ การใช้สารเคมีทางการเกษตร ซึ่งน้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำจะมีทั้งสารอาหารและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและสัตว์ตลอดจนเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี สามารถนำมาทดแทนปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ (ชินกฤต และคณะ, 2545) ส่วนข้าวสาลี (Wheat) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Triticum aestivum* L. และ *Triticum turgidum* L. อยู่ในวงศ์ *Poaceae* เป็นพืชอาหารที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่งของประชากรโลก ผลผลิตทั่วโลกในปี พ.ศ. 2535 มีถึงกว่า 567 ล้านตัน ผู้ผลิตสำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา คานาดา รัสเซีย และจีน ในไทยมีการปลูกบ้างบนที่สูงในภาคเหนือ แต่ส่วนใหญ่ ได้จากการนำเข้า (6 แสนตันต่อปี) (อภิชัย, 2552) ข้าวสาลีเป็นพืชในวงศ์เดียวกับไผ่ ตะไคร้ หญ้าและธัญพืช สูง 40-150 ซม. แตกกอแน่น ลำต้นเรียบ มีถิ่นกำเนิดในแถบตะวันตกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย แหล่งผลิตข้าวสาลีรายใหญ่ในไทย ได้แก่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ และ อ.บ่อเกลือ จ.น่าน ข้าวสาลีที่ปลูกเพื่อเป็นอาหารในปัจจุบันมีมากกว่า 25,000 พันธุ์ ซึ่งล้วนแต่ได้มาจากการปรับปรุงพันธุ์โดยมนุษย์ทั้งสิ้น (ไพบูลย์ และ ทรรศนะ, 2541; วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2556) ข้าวสาลีสายพันธุ์ฝาง 60 เป็นข้าวสาลีชนิดใช้แป้งทำขนมปัง ได้รับการปรับปรุงพันธุ์จากศูนย์วิจัยการปรับปรุงข้าวโพดและข้าวสาลีนานาชาติ นำมาปลูกครั้งแรกที่สถานีทดลองพืชสวนฝาง จ.เชียงใหม่ ลักษณะประจำพันธุ์คือ สูงประมาณ 85-95 ซม. อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 95 วัน น้ำหนัก 1,000 เมล็ด เท่ากับ 37 กรัม เมล็ดมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ผลผลิตประมาณ 280 กก.ต่อไร่ สามารถปลูกในสภาพร้อนและแห้งแล้งได้ดี ข้าวสาลีเป็นพืชที่ต้องการอากาศหนาวเย็น ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี ปลูกได้ในสภาพไร่ที่อาศัยน้ำฝนหรือปลูกในเขตชลประทานที่ดินมีการระบายน้ำได้ดี (นงนุช และคณะ, 2552; กรมวิชาการเกษตร, 2554) ด้วยความต้องการของผู้บริโภคและความห่วงใยเรื่องสุขภาพ ทำให้เกิดความต้องการของข้าวสาลีในวงกว้าง และอีกทั้งเกษตรกรผู้ปลูกยังมีความจำเป็นจะต้องใช้สารเคมีทางการเกษตรป้องกันกำจัดเป็นจำนวนมาก ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างผลผลิตและในเลือดของผู้ผลิตและผู้บริโภค ตลอดจนตกค้างในดินในน้ำในสิ่งแวดล้อม เป็นปัญหาต่อสุขภาพอนามัย ดังนั้นคณะผู้ดำเนินการวิจัยได้ตระหนักถึงเรื่องนี้ จึงได้ดำเนินการวิจัยโดยเฉพาะในการผลิตข้าวสาลีอินทรีย์ เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรผู้ผลิตข้าวสาลีอินทรีย์ได้ลด เลิก ละ หรืองดการใช้สารเคมีทางการเกษตร โดยหันมาใช้น้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพื่อทดแทนสารเคมีที่ใช้ทางการเกษตรกันต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ปลูกข้าวสาลีบนแปลงทดลอง ขนาด 20x40 เมตร ณ สถานีวิจัยเกษตรเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ RCB (Randomized Complete Block Design) มี 6 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับการทดลองที่ 1 หลังปลูก 20 วัน ราดด้วยน้ำเปล่า 20 ลิตร

ตำรับการทดลองที่ 2 หลังปลูก 20 วัน ราดด้วยน้ำสกัดชีวภาพสูตรผักรวม อัตราส่วน 2 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร จำนวน 50 ลิตร

ตำรับการทดลองที่ 3 หลังปลูก 20 วัน ราดด้วยน้ำสกัดชีวภาพสูตรกระท้อน อัตราส่วน 2 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร จำนวน 50 ลิตร

ตำรับการทดลองที่ 4 หลังปลูก 20 วัน ราดด้วยน้ำสกัดชีวภาพสูตรยอดใบโสนอัฟริกัน อัตราส่วน 2 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร จำนวน 50 ลิตร

ตำรับการทดลองที่ 5 หลังปลูก 20 วัน ราดด้วยน้ำสกัดชีวภาพสูตรผักกาด + ถั่วฝักยาว อัตราส่วน 2 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร จำนวน 50 ลิตร

ตำรับการทดลองที่ 6 หลังปลูก 20 วัน ราดด้วยน้ำสกัดชีวภาพสูตรหอยเชอรี อัตราส่วน 2 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร จำนวน 50 ลิตร

2. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่อต้นข้าวสาลี อายุ 84 วัน สุ่มเก็บตัวอย่าง จำนวน 10 ต้นต่อ 1 ซ้ำ 3 ซ้ำต่อ 1 ตำรับการทดลอง จดบันทึกข้อมูลความสูง จำนวนเมล็ดดี น้ำหนักต้น น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดี

3. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และระยะเวลาทำการวิจัย

วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistic Version 8 (Analytical Software, Inc.) ทำการวิจัยวันที่ 7 ธันวาคม 2554 ถึงวันที่ 7 มีนาคม 2555

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า ความสูงของต้นข้าวสาลีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนจำนวนเมล็ดดี น้ำหนักต้น น้ำหนักเมล็ดรวม และน้ำหนักเมล็ดดีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แสดงดัง Table 1

Table 1 The effect was different treatments on yield and yield components of wheat namely Fhang 60 variety

Description	Yield and yield components				
	H (cm)	SW (gm)	FSN	MSW (gm)	FSW (gm)
T1	52.78b	16.00	203.00	9.367ab	6.733
T2	54.50b	18.00	186.00	8.200b	6.400
T3	56.47b	16.37	226.67	13.600a	7.400
T4	63.58a	19.47	263.67	12.800ab	9.133
T5	58.33ab	16.70	196.33	10.433ab	6.967
T6	56.80b	17.03	231.67	10.667ab	7.733
F-test	*	ns	ns	ns	ns
$LSD_{0.05}$	6.173	3.901	80.884	5.392	2.862
C.V. (%)	5.94	12.42	20.40	27.33	21.28

Means in the same column followed by the same letter are not significant difference (p<0.05) by DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ns = not significantly different * = significantly different T = Treatment H = height SW = stalk weight FSN = filled seed number MSW = mix seed weight FSW = filled seed weight

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าผลของน้ำสกัดชีวภาพตำรับ 4 ที่ใช้สูตรยอดใบโสนอัฟริกันเป็นปัจจัยการผลิตให้ความสูงมากที่สุด 63.58 ซม. แต่ไม่แตกต่างจากตำรับ 5 เท่ากับ 58.33 ซม และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับที่ 6, 3, 2 และ 1 ซึ่งเท่ากับ 56.80, 56.47, 54.50 และ 52.78 ซม ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักต้นพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 6 ตำรับการทดลองคือ ตำรับที่ 4 ให้น้ำหนักของต้น เท่ากับ 19.47 กรัม รองลงมาคือ ตำรับ 2, 6, 5, 3 และ 1 เท่ากับ 18, 17.03, 16.70 และ 16 กรัม ส่วนจำนวนเมล็ดดีตำรับที่ 4 เท่ากับ 263.67 เมล็ด รองลงมาคือ ตำรับ 6, 3, 1, 5 และ 2 เท่ากับ 231.67, 226.67, 203, 196.33 และ 186 เมล็ด ตามลำดับ น้ำหนักเมล็ดรวมตำรับที่ 3 เท่ากับ 13.60 กรัม รองลงมาคือ ตำรับ 4, 6, 3, 1 และ 2 เท่ากับ 12.80, 10.67, 10.43, 9.37 และ 8.20 กรัม ตามลำดับ สำหรับเมล็ดดีพบว่าตำรับ ตำรับที่ 4 ให้น้ำหนักเมล็ดมากสุดคือ 9.13 กรัม รองลงมาคือ ตำรับ 6, 3, 5, 1 และ 2 เท่ากับ 7.73, 7.40, 6.97, 9.73 และ 6.40 กรัม ตามลำดับ

สรุปผล

น้ำสกัดชีวภาพที่ตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของข้าวสาลีทั้งความสูง น้ำหนักต้น จำนวนเมล็ดดีและน้ำหนักเมล็ดดีคือ น้ำสกัดชีวภาพสูตรยอดโสนอัฟริกัน ส่วนน้ำสกัดชีวภาพสูตรอื่นๆ ก็ยังให้ผลผลิตที่สูงกว่าข้าวสาลีที่ใช้น้ำเปล่า ยกเว้นน้ำสกัดชีวภาพสูตรผักรวม+ผักกาดที่ให้ผลผลิตโดยน้ำหนักต่ำกว่าตำรับที่ 1 ที่ใช้น้ำเปล่าเป็นปัจจัยการผลิต

คำขอบคุณ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2555 ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

ไพบูลย์ พงษ์สกุล และ ทรรศนะ ลาภรวย, 2541, การปลูกข้าวสาลี, [สืบค้น], http://www.doae.go.th/library/html/detail/rice/rice.htm [23 กรกฎาคม 2556]

อภิชัย อารยะเจริญชัย, 2552, ข้าวสาลี, [สืบค้น], http://www.sc.mahidol.ac.th/wiki/doku.php?id=%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A5%E0%B8%B5 [23 กรกฎาคม 2556]

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2556, ข้าวสาลี, [สืบค้น], http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A5%E0%B8%B5 [23 กรกฎาคม 2556]

ชินกฤต สุวรรณคีรี จตุรงค์ พวงมณี จำลอง โพธาเจริญ และสิทธิชัย ลอดแก้ว, 2545, การวิจัยและพัฒนาน้ำสกัดชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร, ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

นงนุช ประดิษฐ์ สุธีรา มูลศรี ศิวะพงศ์ นฤบาล ทองมา มานะกุล สมเกียรติ วัฒกวิกรานต์ และ สุวิทย์ มูลศรี, 2552, พันธุ์ข้าวสาลี ฝาง 60, [สืบค้น], http://www.brrd.in.th/rvdb/index.php?option=com _content&view=article&id=55:fang-60&catid=42:wheat&Itemid=65 [23 กรกฎาคม 2556]

กรมวิชาการเกษตร, 2554, ศาสตร์เกษตรดินและปุ๋ย ข้าวสาลี ชื่อพันธุ์ : ฝาง 60, [สืบค้น], http://soclaimon.wordpress.com/tag/%E0%B8%9D%E0%B8%B2%E0%B8%87-60/ [23 กรกฎาคม 2556]

การตอบสนองต่อปุ๋ยของพืชผักสมุนไพรที่ใช้ในตำรับยาล้านนา : ผักเชียงดา

Fertilizer Response of Medicinal Plants Using in Lan Na Traditional Medicine : Phak Chiang Da

นิตยา บุญทิม[1] ถกลวรรณ ศิริสวัสดิ์[1] พรรณเพ็ญ เครือไทย[2] และ ชินกฤต สุวรรณคีรี[3]

Boontim, N.[1], Sirisawat, T.[1], Kranthai, P.[2] and Suwanakeree, C.[3]

Abstract

The effects of 3 fertilizer formulars on Phak Chiang Da growth for 150 days were studied in this research. The experiments were designed as RCB that comprised of 4 treatments and 3 replications. There was not used fertilizer in treatment 1 as negative control. Chemical fertilizer, bio fertilizer and the mixture of bio fertilizer and liquid bio extract were used as treatment 2, treatment 3 and treatment 4, respectively. The plant height, leaf number and canopy width were analyzed by statistic version 8. The plant height of treatment 1, treatment 2, treatment 3 and treatment 4 were 2.14, 2.30, 2.86 and 2.94 meters. The leaf number of 24.67, 21.66, 22.22 and 33.11 were found in treatment 1, treatment 2, treatment 3 and treatment 4. The canopy width was found in treatment 1, treatment 2, treatment 3 and treatment 4 were 20.17, 16.34, 20.89 and 14.89 centimeters, respectively. However, there was no significant differences (P>0.05) in this research.

Keywords: fertilizer, medicinal plant, Lan Na traditional medicine

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาผลของปุ๋ย จำนวน 3 ชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักเชียงดาเป็นเวลา 150 วัน และในการทดลองครั้งนี้ใช้การทดลองแบบ RCB ซึ่งประกอบด้วย 4 ทรีตเม็นต์ จำนวน 3 ซ้ำ โดยทรีตเม็นต์ที่ 1 ปลูกผักเชียงดาโดยไม่ใส่ปุ๋ย ทรีตเม้นท์ที่ 2 ใช้ปุ๋ยเคมี ทรีตเม้นท์ที่ 3 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ 5 ส่วนทรีตเม้นท์ที่ 4 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับน้ำสกัดชีวภาพ หลังจากที่วัดความสูง นับจำนวนใบ และความกว้างของทรงพุ่ม แล้วนำมาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Statistic version 8 ผลการวิจัยของ ทรีตเม้นท์ที่ 1, 2, 3 และ 4 นั้นพบว่าผักเชียงดามีความสูง เท่ากับ 2.14, 2.86, 2.30 และ 2.94 เมตร ตามลำดับ เมื่อนับใบของทรีตเม้นท์ที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่ามีจำนวนใบเท่ากับ 24.67, 21.66, 22.22 และ 33.11 เมื่อวัดความกว้างของทรงพุ่มพบว่าทรีตเม้นท์ 1, 2, 3 และ 4 นั้นมีความกว้างเท่ากับ 20.17, 16.34, 20.89 และ 14.89 เซนติเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้พบว่าทั้งความสูง จำนวนใบ และความกว้างของทรงพุ่มของผักเชียงดาในทุกทรีตเม้นท์นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

คำสำคัญ: ปุ๋ย พืชผักสมุนไพร ตำรับยาล้านนา

คำนำ

ปัจจุบันนี้ผู้บริโภคได้หันมานิยมบริโภคพืชผักสมุนไพรกันมากขึ้นเพราะนอกจากจะเป็นอาหารที่มีประโยชน์แล้วยังมีสรรพคุณทางยาที่ใช้ป้องกันและรักษาตัวเองจากโรคภัยไข้เจ็บ ดังนั้นจึงส่งผลให้เกษตรกรพากันปลูกพืชผักสมุนไพรในเชิงการค้ากันมากซึ่งทำให้เกษตรกรต้องนำสารเคมีมาใช้ในกระบวนการผลิตทำให้ผลผลิตพืชผักที่ได้อาจมีการปนเปื้อนของสารเคมี อย่างไรก็ตามทั้งหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนได้ให้ความสำคัญในเรื่องของการทำการเกษตรตามแนวทางของเกษตรอินทรีย์และเกษตรปลอดสารพิษและได้ทำการผลักดันจนทำให้เกษตรอินทรีย์เป็นวาระแห่งชาติและพยายามส่งเสริมให้เกษตรปลูกพืชตามแนวทางของเกษตรอินทรีย์ น้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ควรนำมาใช้ในกระบวนการผลิตพืชเพื่อให้ผลผลิตที่ได้นั้นมีความปลอดภัยและยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมให้ดีอีกด้วย นักวิชาการและนักวิจัยได้ศึกษาเรื่องของน้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำโดยนำมาใช้ในกระบวนการผลิตทางการเกษตรเพื่อตอบสนองต่อนโยบายของ

[1] **สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่** 50200

[1] Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University 50200

[2] **สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่** 50200

[2] Social Research Institute, Chiang Mai University 50200

[3] **ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่** 50200

[3] Center for Agricultural Resource System Research, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200

ภาครัฐอีกและทำให้เกษตรกรสามารถลดหรือเลิกการใช้สารเคมีในการทำการเกษตร นอกจากนี้น้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำยังมีสารอาหารและจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อทั้งพืช สัตว์และสิ่งแวดล้อมดังนั้นจึงควรที่นำมาใช้เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (ชินกฤต และคณะ, 2545)

ผักเชียงดา (Phak Chiang Da) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Gumnema inodorum* (Lour.) Decne. จัดอยู่ในวงศ์ *Asclepiadaceae* มีชื่อทางท้องถิ่นว่า ผักจินดา ผักเชียงดา (คนเมือง) ผักเซ็ง (ม้ง) ผักเซ็ง (ไทลื้อ) ผักจินดา ผักเจียงดา ผักเชียงดาเป็นไม้เถาและมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น ประมาณ 0.5-5 เซนติเมตร เถาของผักเชียงดามักเลื้อยพาดไปตามต้นไม้ใหญ่และมีความยาวของเถาประมาณ 5-10 เมตร มีใบเดี่ยวเป็นรูปกลมรีไม่มีขน ฐานของใบและปลายใบมีลักษณะแหลมและมีสีเขียวเข้ม ขอบใบเรียบหรือมีคลื่นเล็กน้อย หน้าใบมีสีเขียวเข้มกว่าหลังใบ ดอกของผักเชียงดามีลักษณะกลมเล็กมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-6 มิลลิเมตร และรวมกันเป็นช่อมีสีขาวอมเขียวอ่อน (เต็ม, 2544; สถาบันวิจัยและพัฒนาที่สูง (องค์กรมหาชน), 2553) ชาวบ้านมักนำผักเชียงดามาประกอบอาหารพื้นบ้านได้หลายชนิด เช่น นำยอดอ่อน ใบอ่อน ดอก มาแกงร่วมกับปลาแห้ง หรือนำมาแกงร่วมกับผักเสี้ยว หรือนำมาร่วมกับผักชนิดอื่นในแกงแค นอกจากทำเป็นอาหารแล้วผักเชียงดายังมีสรรพคุณทางยาอีกมากมาย เช่น การนำใบมาใช้รักษาโรคกามโรคเพราะช่วยให้น้ำเหลืองแห้งเร็วขึ้นและยังใช้รักษาโรคผิวหนังได้ทุกชนิด เถาสดหรือเถาแห้งใช้เป็นยาขับปัสสาวะ แก้โรคบิด แก้บวมน้ำ แก้ไอ แก้อาการหลอดลมอักเสบ รักษาอาการปอดอักเสบและโรคริดสีดวงทวาร (สมพร, 2551) นอกจากนี้ประเทศอินเดียและประเทศในแถบเอเชียยังใช้ผักเชียงดารักษาอาการโรคเบาหวานมานานกว่า 2000 ปี (โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี สนองพระราชดำริโดย โรงเรียนวัฒโนทัยพายัพ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเชียงใหม่เขต 1, 2552; สมุนไพรไทย, 2556) เนื่องจากประโยชน์และสรรพคุณอันมากมายของผักเชียงดานี้เองจึงทำให้มีเกษตรกรจำนวนมากที่ปลูกผักเชียงดาเชิงการค้าดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงตระหนักว่าหากมีการปลูกผักเชียงดาเป็นจำนวนมากอาจมีการนำปุ๋ยเคมีมาใช้ในกระบวนการผลิตซึ่งอาจทำให้ผักเชียงดามีพิษภัยต่อผู้บริโภค การวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาเพื่อหาวิธีใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมในการปลูกผักเชียงดาตามแนวทางของเกษตรอินทรีย์ซึ่งจะมีประโยชน์เป็นอย่างมากทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภคเพราะทำให้เกษตรกรไม่ได้รับพิษภัยจากสารเคมีและยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมีรวมไปถึงผู้บริโภคก็ได้บริโภคผักเชียงดาที่มีความปลอดภัย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ทำการปลูกผักเชียงดาบนแปลงทดลองซึ่งมีความกว้างและความยาว เท่ากับ 20x40 เมตร ที่สถานีวิจัยเกษตรเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ การทดลองครั้งนี้ได้วางแผนการทดลองแบบ RCB (Randomized Complete Block Design) โดยทำการทดลองทั้งหมด จำนวน จำนวน 4 ทรีตเม็นต์ และทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังต่อไปนี้

ทรีตเม้นท์ที่ 1 ทำการปลูกผักเชียงดา โดยไม่ใส่ทั้งปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เอจี 5 และน้ำสกัดชีวภาพ เพื่อใช้เป็นกลุ่มควบคุม (negative control)

ทรีตเม้นท์ที่ 2 ทำการปลูกผักเชียงดา และใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 หลังจากที่ปลูกพืชเป็นเวลา 7 วัน โดยใช้ปุ๋ยหนัก 150 กรัมต่อต้น ทำการหว่านปุ๋ยลงบนดินบริเวณรอบๆ ลำต้น หลังจากนั้นใส่ปุ๋ยทุก 15 วัน จำนวนทั้งหมด 6 ครั้ง

ทรีตเม้นท์ที่ 3 ทำการปลูกผักเชียงดา และใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เอจี 5 ของหน่วยวิจัยและพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ศูนย์วิจัยสาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ หลังจากที่ปลูกเป็นเวลา 7 วัน โดยใช้ปุ๋ยหนัก 300 กรัมต่อต้นโดยหว่านปุ๋ยบนดินบริเวณรอบลำต้น และใส่ปุ๋ยทุก 15 วัน จำนวนทั้งหมด 6 ครั้ง

ทรีตเม้นท์ที่ 4 ทำการปลูกผักเชียงดา ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เอจี 5 เหมือนทรีตเม้นท์ที่ 3 และใส่น้ำสกัดชีวภาพสูตรกระท้อนของหน่วยวิจัยและพัฒนาระบบเกษตรยั่งยืน ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้ปริมาตร เท่ากับ 150 มิลลิลิตรต่อต้น ทำการราดลงดินบริเวณรอบลำต้น หลังจากที่ปลูก เป็นเวลา 7 วัน และใส่ปุ๋ยทุกๆ 15 วัน จำนวนทั้งหมด 6 ครั้ง

2. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตของผักเชียงดาหลังจากที่ปลูกเป็นเวลา 150 วัน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างพืช จำนวน 3 ต้น ต่อ 1 ซ้ำ และทำทั้งหมด 3 ซ้ำ ต่อ 1 ทรีตเม้นท์ หลังจากนั้นจดบันทึกข้อมูลของความสูงหรือความยาวของลำต้นโดยวัดจากโคนต้นถึงปลายยอด (หน่วย: เมตร) จำนวนของใบพืชทั้งหมด ความกว้างหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่ม (หน่วย: เซนติเมตร)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistic Version 8 (Analytical Software, Inc.) หลังจากที่ทำการวิจัย เป็นเวลา 6 เดือน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า ความสูง จำนวนใบ และความกว้างของทรงพุ่มของผักเชียงดาในแต่ละทรีตเม้นท์นั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงใน Table 1

Table 1 The effect was different treatments on yield and yield components of Phak Chiang Da .

Description	Yield and yield components		
	Height (m)	Leaf number	Canopy width (cm)
T1	2.30	24.67	14.89
T2	2.78	21.66	16.34
T3	2.65	22.22	20.17
T4	2.94	33.11	20.89
F-test	ns	ns	ns
$LSD_{0.05}$	0.547	8.585	7.271
C.V.(%)	10.25	16.91	20.14

Means in the same column followed by the same letter are not significant difference (p<0.05) by DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ns = not significantly different * = significantly different

ผลการทดลองชี้ให้เห็นได้ว่าผลผลิตของผักเชียงดาในทรีตเม้นท์ที่ 4 ซึ่งใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเอจี 5 ของหน่วยวิจัยและพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ศูนย์วิจัยสาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ และน้ำสกัดชีวภาพสูตรกระท้อนของหน่วยวิจัยและพัฒนาระบบเกษตรยั่งยืน ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นปัจจัยการผลิตที่ทำให้ความสูงของต้นหรือความยาวของเถามากที่สุด เท่ากับ 2.94 เมตร อย่างไรก็ตามก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเม้นท์ที่ 2, 3 และ 1 ซึ่งมีความสูงของต้นหรือความยาวของเถาเท่ากับ 2.78, 2.65 และ 2.30 เมตร ตามลำดับ ผลจากการนับจำนวนใบพบว่า ทรีตเม้นท์ที่ 4 นั้นมีจำนวนใบ เท่ากับ 33.11 ใบ รองลงมาคือ ทรีตเม้นท์ที่ 1, 3 และ 2 เท่ากับ 24.67, 22.22 และ 21.66 ใบ ตามลำดับ ส่วนความกว้างของใบของผักเชียงดาในทรีตเม้นท์ที่ 4 นั้นมีค่าเท่ากับ 20.89 เซนติเมตร รองลงมาคือ ตำรับ 3, 2 และ 1 เท่ากับ 20.17, 16.34 และ 14.98 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเกี่ยวกับการตอบสนองต่อปุ๋ยของผักเชียงดาทั้ง 4 ทรีตเม้นท์ จะเห็นว่าในทรีตเม้นท์ที่ 4 นั้นผักเชียงดาจะให้ผลผลิตที่มีทั้งความสูงหรือความยาวเถา จำนวนใบ และความกว้างของใบมากกว่าทรีตเม้นท์ที่ 1 ซึ่งใช้เป็นตัวควบคุม (negative control) เพราะไม่ใส่ปุ๋ยชนิดใดเลย ทรีตเม้นท์ที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ใช้ปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยการผลิต และทรีตเม้นท์ที่ 3 ซึ่งเป็นการทดลองที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ เอจี 5 เป็นปัจจัยการผลิตซึ่งให้ผลผลิตรองลงมาจากทรีตเม้นท์ที่ 4 ผลจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดให้เกษตรกรผู้ผลิตนำไปใช้ในพื้นที่ของตนเพื่อลดหรือเลิกใช้สารเคมีทางการเกษตรในกระบวนการผลิตซึ่งจะทำให้ทั้งเกษตรกรและผู้บริโภคจะได้บริโภคพืชผักสมุนไพรที่ปลอดภัยไร้สารพิษทำให้สุขภาพแข็งแรง

สรุปผล

ถึงแม้ว่าการวิจัยครั้งนี้พบว่าการตอบสนองต่อปุ๋ยของผักเชียงดานั้นไม่มีความแตกต่างกันในทั้ง 4 ทรีตเม้นท์แต่อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเอจี 5 ร่วมกับน้ำสกัดชีวภาพสูตรกระท้อนก็มีแนวโน้มที่ผักเชียงดาจะให้ผลผลิตได้ดีกว่าทรีตเม้นท์อื่น

คำขอบคุณ

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2556 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

เต็ม สมตินันทน์, 2544, ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย, ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

ชินกฤต สุวรรณคีรี จตุรงค์ พวงมณี จำลอง โพธาเจริญ และสิทธิชัย ลอดแก้ว, 2545, การวิจัยและพัฒนาน้ำสกัดชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร, ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี สนองพระราชดำริโดย โรงเรียนวัฒโนทัยพายัพ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเชียงใหม่เขต 1, 2552, ผักเชียงดา, [สืบค้น], http://www.wattano.ac.th/wattano/Web_saunpluak/My%20Hip/085.html [23 กรกฎาคม 2556]

สถาบันวิจัยและพัฒนาที่สูง (องค์กรมหาชน), 2553, รายละเอียดพฤกษศาสตร์ ผักเชียงดา, [สืบค้น], http://eherb.hrdi.or.th/search_result_details.php?herbariumID=690&name=%E0%B8%9C%E0%B8%B1% [30 กรกฎาคม 2556]

สมพร ภูติยานันต์, 2551, สมุนไพรใกล้ตัว เล่ม 13 : สมุนไพรแต่งสี กลิ่น รส, วิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ตุลย์การพิมพ์, เชียงใหม่

สมุนไพรไทย, 2556, สมุนไพรเชียงดา: สมุนไพรรักษาเบาหวาน, [สืบค้น], http://thaiplants.blogspot.com/2011/04/blog-post.html [23 กรกฎาคม 2556]

สูตรอาหารทางเลือกเพื่อลดขั้นตอนและค่าใช้จ่ายสำหรับเพาะเมล็ดกล้วยไม้สกุลหวายในสภาพปลอดเชื้อ

Alternative Seeds Culture Medium for Reducing Cost and Preparation Steps *in vitro* Seeds Propagation of *Dendrobium* Orchids

กุลนาถ อบสุวรรณ[1] **และ สุนทรี ทารพันธ์**[1]

Obsuwan, K.[1] and Tharapan, S.[1]

Abstract

Seeds of *Dendrobium* species (*Den. antennatum*) and *Dendrobium* hybrid (*Den. antennatum x Den. bigibbum*) were cultured on 4 liquid media as following; Hyponex (H) with peptone 2.0 g/l, Knudson C (KC), Vacin and Went (VW) and Murashige and Skoog (MS). All seeds were cultured at 25±2 °C under light condition (16 hr/day) for 2 months. The results showed that both *Dendrobium* seeds were greatly developed to protocorms in stage 3 as 98.8 % in *Den. antennatum* and 83.7 % in *Dendrobium* hybrid. Moreover, maximum fresh weight was found in both *Dendrobiums.* The fresh weight of *Den. antennatum* was 23.7 mg and the fresh weight of *Den.* hybrid was 14.0 mg respectively. There were statistically different in both parameters after cultured in hyponex medium for 2 months when compared with other treatments. Thus, the results showed a potential of hyponex for using as a substitute medium to reduce cost and preparation steps.

Keywords: culture media*, Dendrobium* species, *Dendrobium* hybrid, fresh weight

บทคัดย่อ

นำเมล็ดกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้ (*Den. antennatum*) และเมล็ดกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์ลูกผสม *(Den. antennatum x Den. bigibbum)* มาเพาะบนอาหารเหลวสังเคราะห์ 4 สูตร คือ Hyponex (H) ที่เติมเปปโตน 2.0 กรัมต่อลิตร, Knudson C (KC), Vacin and Went (VW) และ Murashige and Skoog (MS) ภายใต้อุณหภูมิ 25±2°C ได้รับแสงเป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 2 เดือน ผลการทดลองพบว่าอาหารเหลวสังเคราะห์สูตร Hyponex ที่เติมเปปโตน 2.0 กรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดกล้วยไม้ทั้งสองชนิดมีการพัฒนาของเมล็ดไปเป็นโปรโตคอร์มในระยะที่ 3 มากที่สุดเท่ากับ 98.8 และ 83.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีมีน้ำหนักสดมากที่สุดเท่ากับ 23.7 และ 14.0 มิลลิกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอาหารอื่นๆ ดังนั้นปุ๋ย Hyponex มีศักยภาพในการทดแทนสูตรอาหารอื่นๆ เพื่อลดขั้นตอนและค่าใช้จ่ายในการเตรียมอาหารสำหรับเพาะเมล็ดกล้วยไม้สกุลหวายได้

คำสำคัญ: สูตรอาหาร กล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้ กล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์ลูกผสม น้ำหนักสด

คำนำ

การงอกของเมล็ดกล้วยไม้ตามธรรมชาติมีเปอร์เซ็นต์ที่ต่ำมาก จึงต้องอาศัยการเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณต้นกล้วยไม้ได้เป็นจำนวนมาก มีรายงานการเพาะเมล็ดกล้วยไม้ชนิดต่างๆ โดยใช้อาหารหลายสูตรที่แตกต่างกัน เช่น อาหารสูตร KC (Knudson, 1946), VW (Vacin และ Went, 1949) และ MS (Murashige และ Skoog, 1962) ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย (Nontachaiyapoom และคณะ, 2011; Pierik และคณะ, 1988; Kananont และคณะ, 2010)

อย่างไรก็ตามสูตรอาหารที่นิยมใช้นั้นมีองค์ประกอบที่เป็นสารอนินทรีย์อยู่หลายชนิด และยังมีการเติมสารอินทรีย์ เช่น น้ำมะพร้าว กล้วยหอม และน้ำต้มมันฝรั่ง ทำให้เกิดความยุ่งยากในการเตรียม ดังนั้นการพัฒนาสูตรอาหารอย่างง่ายและมีองค์ประกอบไม่ซับซ้อนที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงหรือดีกว่าสูตรอาหารที่ใช้กันในปัจจุบันจะช่วยส่งเสริมให้การพัฒนาสายพันธุ์กล้วยไม้สกุลหวายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบสูตรอาหารต่างๆ ที่นิยมใช้ในการเพาะเมล็ดกล้วยไม้กับการใช้ปุ๋ย Hyponex เพื่อทดสอบว่าการใช้สารเคมีในรูปของปุ๋ยที่มีขายทั่วไปในท้องตลาดสามารถ

[1] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ต.สนามจันทร์ อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

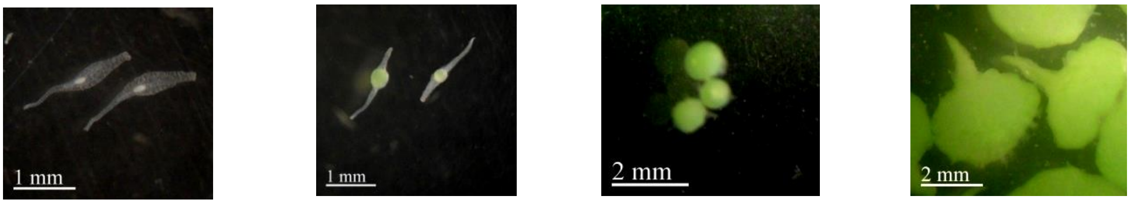
[1] Department of Biology, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakorn Pathom 73000.

ทดแทนสารเคมีชนิด analytical grade ได้หรือไม่ และอาจเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดระยะเวลา และค่าใช้จ่ายในการเตรียมอาหารลงได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำฝักของกล้วยไม้ *Den. antennatum* และ *Den. antennatum x Den. bigibbum* อายุ 3 เดือนที่ผ่านการทำความสะอาดและฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวโดยจุ่มในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% เผาไฟ 2 ครั้ง หลังจากนั้นใช้มีดกรีดฝักเพื่อนำเมล็ดไปเพาะในอาหารเหลวสังเคราะห์ 4 สูตร คือ H (7N-6P-19K) 3.5 กรัมต่อลิตร ที่เติมเปปโตน 2.0 กรัมต่อลิตร, KC, VW และ MS pH 5.4 ซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความเข้มแสงเฉลี่ย 35 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที 16 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 2 เดือน บันทึกน้ำหนักสด เส้นผ่านศูนย์กลาง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่มีการพัฒนาที่ระยะต่างๆ โดยนำเมล็ดมาตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ การประเมินพัฒนาการของเมล็ดที่งอกในระยะต่างๆ (Figure 1) ดังสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่มีการพัฒนาที่ระยะใดๆ} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่ระยะพัฒนาการนั้น} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่นับได้ทั้งหมด}}$$



Stage 0	Stage 1	Stage 2	Stage 3
No germination	Enlarged embryo	Globular embryo	Appearance of protomeristem

Figure 1 Developmental stages of orchid seeds and protocorms

วิเคราะห์ค่าต่างๆ ที่ได้จากการเก็บข้อมูลในการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยวิธี Analysis of Variance เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ของน้ำหนักสดและเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของอาหารสูตรต่างๆ ที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ดกล้วยไม้หวาย โดยนำเมล็ดไปเพาะในอาหารเหลวสังเคราะห์ 4 สูตร คือ Hyponex (H) ที่เติมเปปโตน 2.0 กรัมต่อลิตร, KC, VW และ MS เป็นเวลา 2 เดือน พบว่ากล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้ (*Den. antennatum*) และกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์ลูกผสม (*Den. antennatum x Den. bigibbum*) ที่เลี้ยงในอาหารเหลวสังเคราะห์สูตร Hyponex ทำให้มีน้ำหนักสดมากที่สุด (23.7 และ 14.0 มิลลิกรัมตามลำดับ) (Table 1 และ 2) เส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุด (0.39 และ 0.29 เซนติเมตรตามลำดับ) (Table 1 และ 2) และเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่มีการพัฒนาในระยะที่ 3 ดีที่สุด (98.8 และ 83.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) (Table 1 และ 2) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารสูตรอื่นๆ (Table 1 และ 2) อาหารสูตรที่ทำให้น้ำหนักสด เส้นผ่านศูนย์กลางและเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่มีการพัฒนาในระยะ 3 ดีรองลงมา คือ อาหารสูตร KC

กล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์ลูกผสม (*Den. antennatum x Den. bigibbum*) ที่เลี้ยงในอาหารสูตร VW และ MS ให้ผลต่ำใกล้เคียงกัน คือ น้ำหนักสด 1.4 มิลลิกรัม เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.12 เซนติเมตร และเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่มีการพัฒนาในระยะที่ 3 เท่ากับ 43.4 และ 43.6 ตามลำดับ (Table 2)

ในกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้ (*Den. antennatum*) ที่เลี้ยงในอาหารสูตร VW ให้ผลต่ำเช่นกัน คือ น้ำหนักสด 7.6 มิลลิกรัม เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.21 เซนติเมตร และเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่มีการพัฒนาในระยะที่ 3 เท่ากับ 80.9 (Table 1) แต่ในอาหารสูตร MS กล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้ (*Den. antennatum*) มีการเจริญพัฒนาจนถึงระยะ 2 แล้วเกิดสีน้ำตาลจนตายไปในที่สุด

Table 1 Growth and development of *Den. antennatum* protocorms which *in vitro* cultured on 4 media for 2 months.

Treatment	Fresh weight (mg)	Diameter (cm)	Seed development in each stage (%)			
			Stage 0	Stage 1	Stage 2	Stage 3
H	23.7c	0.29c	1.2a	0.0a	0.0a	98.8c
KC	9.0b	0.25b	3.1a	0.0a	3.1a	93.8b
VW	7.6a	0.21a	10.6b	0.0a	8.5b	80.9a
MS	-	-	-	-	-	-

The values follow by the same letters are not significantly different at 95% confidence level by DMRT
Significant different at 95% confidence level
- Dead protocorms

Table 2 Growth and development of *Den. antennatum x Den. bigibbum* protocorms which *in vitro* cultured on 4 media for 2 months.

Treatment	Fresh weight (mg)	Diameter (cm)	Seed development in each stage (%)			
			Stage 0	Stage 1	Stage 2	Stage 3
H	14.0c	0.39c	15.5a	0.8a	0.0a	83.7c
KC	4.0b	0.22b	34.8b	7.5c	3.0a	54.7b
VW	1.4a	0.12a	39.6bc	3.8b	13.2b	43.4a
MS	1.4a	0.12a	40.3c	1.6a	14.5b	43.6a

The values follow by the same letters are not significantly different at 95% confidence level by DMRT
Significant different at 95% confidence level

วิจารณ์ผล

อาหารเหลวสังเคราะห์สูตร Hyponex ทำให้กล้วยไม้ *Den. antennatum* และ *Den. antennatum x Den. bigibbum* มีน้ำหนักสด เส้นผ่านศูนย์กลาง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่มีการพัฒนาในระยะที่ 3 มากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานทดลองของดวงพร (2546) ซึ่งใช้อาหารสูตร Hyponex ชักนำให้ *Phalaenopsis violacea* เพิ่มจำนวน PLBs ได้ดีที่สุด หลังเพาะเลี้ยงนาน 6 เดือน และสอดคล้องกับงานของ Young และคณะ (2000) ที่พบว่า อาหารสูตร Hyponex สามารถชักนำ ให้ PLBs ของ *Phalaenopsis* พัฒนาไปเป็นต้นได้ดีที่สุดเท่ากับ 83 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 8 สัปดาห์และต้นอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากและน้ำหนักสดมากที่สุดด้วย

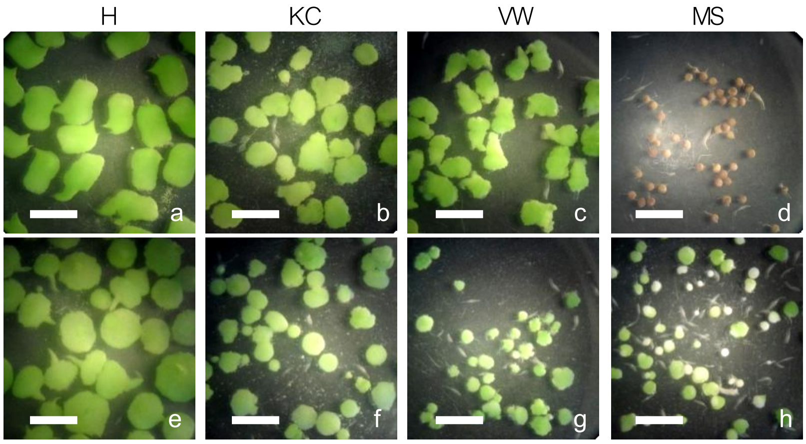


Figure 2 Protocorms of *Den. antennatum* (a-d) and *Den. antennatum x Den. bigibbum* (e-h) cultured on 4 different media for 2 months. (bar = 5 mm)

สรุปผล

สูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเมล็ดกล้วยไม้ *Den. antennatum* และ *Den. antennatum x Den. bigibbum* คือ Hyponex ที่เติมเปปโตน 2.0 กรัมต่อลิตร ซึ่งปุ๋ย Hyponex นี้มีวิธีการเตรียมที่ง่ายสามารถทดแทนสูตรอาหารต่างๆ เพื่อลดขั้นตอนและค่าใช้จ่ายในการเตรียมอาหารเพาะเมล็ดกล้วยไม้ได้

เอกสารอ้างอิง

ดวงพร บุญชัย, 2546, การขยายพันธุ์กล้วยไม้ *Phalaenopsis violacea* ในสภาพปลอดเชื้อ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Knudson, L., 1946, A New Solution for Germination of Orchid Seed, American Orchid Society Bulletin, 15(5): 214-217.

Murashige, T. and Skoog, F., 1962, A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassay with Tobacco Tissue Culture, Plant Physiology, 15: 473-497.

Nontachaiyapoom, S., Sasirat, S. and Manoch, L., 2011, Symbiotic Seed Germination of *Grammatophyllum speciosum* Blume and *Dendrobium draconis* Rchb. f., Native Orchids of Thailand, Scientia Horticulturae, 130: 303-308.

Pierik, R.L.M., Sprenkels, P.A., Van Der Harst, B. and Van Der Meys, Q.G, 1988, Seed Germination and Further Development of Plantlets of *Paphiopedilum ciliolare* Pfitz. *in vitro*, Scientia Horticulturae, 34:139-153.

Vacin, E.F. and Went, F.W., 1949, Some pH Changes in Nutrient Solution, Bot. Gaz., 110: 605.

Young, P.S., Murthy, H.N. and Yoeup, P.K., 2000, Mass Multipication of Protocorm-like Bodies using Bioreactor System and Subsequent Plant Regeneration in *Phalaenopsis*, Plant Cell Tissue and Organ Culture, 63: 67-72.

Kananont, N., Pichyangkura, R., Chanprame, S., Chadchawan, S. and Limpanavech, P., 2010, Chitosan Specificity for the *in vitro* Seed Germination of Two *Dendrobium* Orchids (Asparagales: Orchidaceae), Scientia Horticulturae, 124: 239-247.

การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อการปลูกพืชส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรพื้นที่คีรีวงกต อำเภอนายูง จังหวัดอุดรธานี

Study on Soil Fertility for Plant Cultivation to Promote Agro-tourism in Kiriwongkot, Na Yung District, Udon Thani

พรรณศมณฑ์ กอประเสริฐถาวร[1] อรรจนา ด้วงแพง[1] และ ศิรินทร์ จันทะโพธิ์[1]

Khopraseartthaworn, P.[1], Duangpaeng, A.[1] and Chathapho, S.[1]

Abstract

Kiriwongkot community locates at Na Yung District. Udon Thani, bounded with mountains. The climate and water resources are excellent for cultivation several crops; including cassava, rubber tree and many kinds of plants at upland area which could a serious cause for deforestation and soil erosion. To give people conscious to the value of their nature, the community leaders have initiated agricultural ecotourism by means of encourage community incomes and management their beautiful natures. This research objective was to analyze soil fertility to compensate for growing plants which were attractive to the tourists for promote agro-tourism. The results showed the soil properties of particular farms from the community leaders were low fertile, low organic matter, acidity and low cation exchange capacity (CEC). Minimum and maximum temperatures in the cold season was about 14-32ºC. Table grape, strawberry and some kinds of herbs such as mint, rosemary and stevia could be cultivated under soil condition and environment of Kiriwongkot.

Keywords: soil fertility, agro-tourism

บทคัดย่อ

ชุมชนคีรีวงกต ตั้งอยู่ที่อำเภอนายูง จังหวัดอุดรธานี ล้อมรอบด้วยภูเขา มีภูมิอากาศและน้ำที่เหมาะสมในการปลูกพืช เช่น มันสำปะหลัง ยางพารา และพืชไร่หลายชนิด ซึ่งการปลูกในที่สูงทำให้เกิดปัญหาการรุกป่า และทำลายความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดั้งนั้นผู้นำชุมชนจึงริเริ่มการจัดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศเกษตรเพื่อให้คนในชุมชนเกิดจิตสำนึกและเล็งเห็นคุณค่าของธรรมชาติ และเพื่อส่งเสริมให้ชุมชนมีรายได้จากการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อประเมินความเหมาะสมในการปลูกพืชที่มีศักยภาพในการส่งเสริมให้เป็นจุดเด่นในการท่องเที่ยว ผลการวิจัยพบว่าดินในแปลงปลูกพืชของเกษตรกรผู้นำชุมชนมีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำ มีอินทรียวัตถุต่ำ มีค่าความกรดเป็นด่างต่ำ มีค่าการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าต่ำ อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดในช่วงฤดูหนาวอยู่ในระหว่าง 14-32ºC พืชบางชนิด เช่น องุ่น สตอร์เบอรี่ มิ้นท์ โรสแมรี่ และหญ้าหวาน สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพของดินและสิ่งแวดล้อมของคีรีวงกต

คำสำคัญ: ความอุดมสมบรูณ์ของดิน การท่องเที่ยงเชิงเกษตร

คำนำ

ชุมชนคีรีวงกต ตั้งอยู่ที่อำเภอนายูง จังหวัดอุดรธานี ที่ตั้งมีสภาพเป็นภูเขา มีอากาศเย็นในฤดูหนาว มีแหล่งน้ำ มีลำธาร และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกพืช โดยเกษตรกรเพาะปลูกมันสำปะหลังบนภูเขา ยางพารา และพืชไร่หลายชนิด ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการทำลายความอุดมสมบูรณ์ของดิน ผู้นำชุมชนจึงมีได้ริเริ่มการจัดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศเกษตรให้กับนักท่องเที่ยวได้เข้ามาสัมผัสกับสภาพธรรมชาติโดยนั่งรถเสือภูเขาไปชมสวนเกษตรกรและน้ำตก จากการจัดเวทีแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับชุมชนด้านการพัฒนาการท่องเที่ยว ทำให้ทราบว่าชุมชนต้องการทดลองปลูกพืชชนิดต่างๆ เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุดมสมบูรณ์ของดินของคีรีวงกต และให้เกษตรกรได้ทดลองปลูกพืชตามความสนใจเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

[1] Udon Thani Rajabhat University, 64 Tahan Road, Muang District, Udon Thani 41000

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อการปลูกพืช โดยการจัดเวทีชาวบ้าน สำรวจข้อมูลบริบททั่วไปของสภาพชุมชน ความต้องการในการปลูกพืชเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศเกษตรของชุมชน สำรวจพื้นที่แปลงต้นแบบ เก็บตัวอย่างดินเพื่อส่งตรวจวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีบางประการ โดยตรวจวิเคราะห์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Potential of Hydrogen ion: pH) โดยวัดด้วยเครื่อง pH meter ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity: EC) (dS m-1) (Bower และ Wilcox, 1965) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter content: OM) (%) โดยวิธีของ Walkley และ Black, (1934) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity: CEC) (cmol kg-1) โดยวิธีของ Chapman (1965) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available P) โดยวิธี Bray II (Bary และ Kurtz, 1945) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) โดยวิธีของ Jackson (1958) วัดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) โดยวิธี Kjeldahl method และให้เกษตรกรปลูกพืชตามความสนใจในพื้นที่ของตนเองเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว

ผลการทดลอง

จากการจัดเวทีชาวบ้านเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้านการพัฒนาการปลูกพืชเพื่อการท่องเที่ยว จึงได้กำหนดพื้นที่ต้นแบบเพื่อปลุกพืชทดลอง โดยใช้พื้นที่ของเกษตรกรที่สมัครใจ คือ แปลงเกษตรของนายสุบิน ขวาของ (Subin 1 และ Subin 2) นายเสงี่ยม จันทร์ศรีอ่อน นายเชิด จำปาศิริ และนายเล้ง บริพัน และพื้นที่ของสถาบันการเงิน (Money) ของชุมชน โดยได้จัดทำแผนที่ของแปลงเกษตรต้นแบบ ผลการทดลองพบว่าแปลงสุบิน1 (Subin 1) มีลักษณะเป็นที่ราบ เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินมีค่า CEC ต่ำมาก มีปริมาณ OM ปานกลาง มีค่า EC ต่ำ ดินเป็นกรดปานกลาง มีปริมาณ Total N ปานกลาง มี Avail. Pต่ำ มีปริมาณ Exchangeable K ต่ำมาก มีค่า C/N ratio 2.81 แปลงสุบิน 2 (Subin 2) มีลักษณะพื้นที่เป็นภูเขา เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีค่า CEC ต่ำมาก มีปริมาณ OM ค่อนข้างต่ำ มีค่า EC ต่ำ ดินเป็นกรดปานกลาง มีปริมาณ Total N ปานกลาง มีปริมาณ Avail. P ต่ำ มีปริมาณ Exchangeable K ต่ำมาก มีค่า C/N ratio 1.4 แปลงเสงี่ยม (Sangium) มีลักษณะเป็นที่ราบ เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีค่า CEC ต่ำมาก มีปริมาณ OM ต่ำมาก มีค่า EC ต่ำ ดินเป็นกรดจัดมาก มีปริมาณ Total N ต่ำมาก มีปริมาณ Avail. P ต่ำมาก มีปริมาณ Exchangeable K ต่ำมาก มีค่า C/N ratio 8.00 แปลงเชิด (Cherd) มีลักษณะเป็นที่ราบ เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินมีค่า CEC ต่ำมาก มีปริมาณ OM ค่อนข้างต่ำ มีค่า EC ต่ำ ดินเป็นกรดเล็กน้อย มีปริมาณ Total N ต่ำมาก มีปริมาณ Avail. P ต่ำมาก มีปริมาณ Exchangeable K ต่ำมาก มีค่า C/N ratio 5.14 แปลงเล้ง (Leng) มีลักษณะเป็นที่ราบ เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีค่า CEC ต่ำมาก มีปริมาณ OM ค่อนข้างต่ำ มีค่า EC ต่ำ ดินเป็นกรดจัดมาก มีปริมาณ Total N ปานกลาง มีปริมาณ Avail. P ปานกลาง มีปริมาณ Exchangeable K พืชต่ำมาก มีค่า C/N ratio 1.63 แปลงสถาบันการเงิน (Money) มีลักษณะเป็นที่ราบ เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีค่า CEC ต่ำมาก มีปริมาณ OM ค่อนข้างต่ำ มีค่า EC ต่ำ เป็นดินกรดปานกลาง มีปริมาณ Total N ต่ำ มีปริมาณ Avail. P ต่ำมาก มีปริมาณ Exchangeable K ต่ำมาก มีค่า C/N ratio 97.00 (Table 1) เกษตรกรได้ทดลงปลูกองุ่น สตอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 60 และสมุนไพร เช่น หญ้าหวาน โรสแมรี่ จิงจูฉ่าย และไม้ยืนต้นอื่นๆ พบว่าสามารถเจริญเติบโตได้ ไม้ยืนต้นบางชนิดที่ให้ดอกและใบสวยงามในช่วงฤดูหนาว เช่น พญาเสือโคร่ง และเมเปิ้ลสามารถเจริญเติบโตได้ในคีรีวงกต (Figure 1)

วิจารณ์ผล

ดินในแปลงเกษตรต้นแบบคีรีวงกตอยู่ในชุดดินท่ายาง เป็นดินร่วนปนทราย มีความอุดมสมบรูณ์ต่ำ เพราะเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันนานหลายปี ปราศจากการปรับปรุงบำรุงดิน และดินมีสภาพเป็นกรดจึงปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้น้อย ซึ่งสอดคล้องกับ พัชรี (2549) ที่ได้อธิบายว่า pH ของดินมีผลกระทบอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่างๆ ในดิน ทั้งที่เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช เช่น P, Cu, Fe, Mn, Mo และ Zn เมื่อเกษตรกรได้ทดลองปลูกพืชตามความสนใจ เช่น องุ่น สตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 60 และสมุนไพรหลายชนิด พบว่าพืชเหล่านี้สามารถเจริญเติบโตทางลำต้นและใบได้ เนื่องจากองุ่นเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่มีสมบัติหลากหลาย แต่ปลูกได้ดีที่สุดในดินร่วนปนทรายที่มีความลึก และมี pH ของดินอยู่ระหว่าง 5.3–6.5 (Lord, http://ceinfo.unh.edu) ถึงแม้ว่าพืชทุกชนิดจะสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่คีรีวงกต หากต้องการให้พืชมีปริมาณผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพ ต้องปรับปรุงบำรุงดินด้วยการใส่อินทรียวัตถุ ตลอดจนปลูกพืชคลุมดินหรือปลูกพืชตระกูลถั่วเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน และต้องศึกษาปริมาณการใส่ปุ๋ยเคมีในที่เหมาะสมต่อไป

สรุปผล

ดินในพื้นที่คีรีวงกตมีความอุดมสมบรูณ์ต่ำ พืชที่เกษตรกรสนใจที่จะปลูกเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว เช่น องุ่น สตรอ-เบอรี่ สมุนไพร และไม้ยืนต้นบางชนิด สามารถเจริญเติบโตทางลำต้นและใบได้ในพื้นที่คีรีวงกต

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (HERP) สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

พัชรี ธีรจินดาขจร, 2549, หลักและวิธีการวิเคราะห์ดินทางเคมี, ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 137 หน้า.

Bower, C.A. and Wilcox, L.V., 1965, Soluble Salts, pp. 933-951, In A.I. Page, Ed. Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties, Agronomy No. 9, 2 nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Bray, R.H. and Kurtz, L.T., 1945, Determination of Total, Organic and Available Forms of Phosphorus in Soils, Soil Science, 59: 39-45.

Chapman, D.D., 1965, Total Exchangeable Bases, pp. 902-904, In in Method of Soil Analysis, C.A. Black, Ed. Agronomy No. 9, Part 2 American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Jackson, M.L., 1958, Soil Chemical Analysis, Prentice-Hall, Inc., Englewmd Cliffs, N.J. 498 p.

Lord, W., 2013, Growing Grapes, Fact sheet by Cooperative Extension programs, University of New Hamshire, USA [Online], Available: http://extension.unh.edu/resources/files/resource000576_rep598.pdf [July 28, 2013].

Walkley, A. and Black, I. A., 1934, An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method, Soil Science, 37: 29-37.

Table 1 Soil properties in Kiriwongkot

Soil properties	Sampling plot					
	Subin 1	Subin 2	Sangium	Cherd	Leng	Money
Geography	flat	mountain	flat	flat	flat	flat
Soil texture	Sandy loam	Sandy loam	Sandy loam	Sandy loam	Sandy loam	Sandy loam
CEC (cmol kg^{-1})	0.72	0.72	0.49	0.52	0.63	1.47
OM (%)	2.53	1.45	0.14	1.23	1.71	1.85
EC (dS m^{-1})	23	22.7	50.9	35.1	31.5	67.9
Soil adicity (pH)	5.95	5.76	4.64	6.42	4.66	5.74
OC (%)	1.35	0.77	0.08	0.36	0.96	1.07
Total N (%)	0.48	0.53	0.01	0.07	0.59	0.011
C/N ratio	2.81/1	1.45/1	8.00/1	5.14/1	1.63/1	97.27/1
Available Phosphorus (ppm)	3.52	3.75	1.17	2.34	11.67	1.55
Exchangeable Potassium (mg/l)	10.63	11.18	16.76	24.21	16.44	21.25

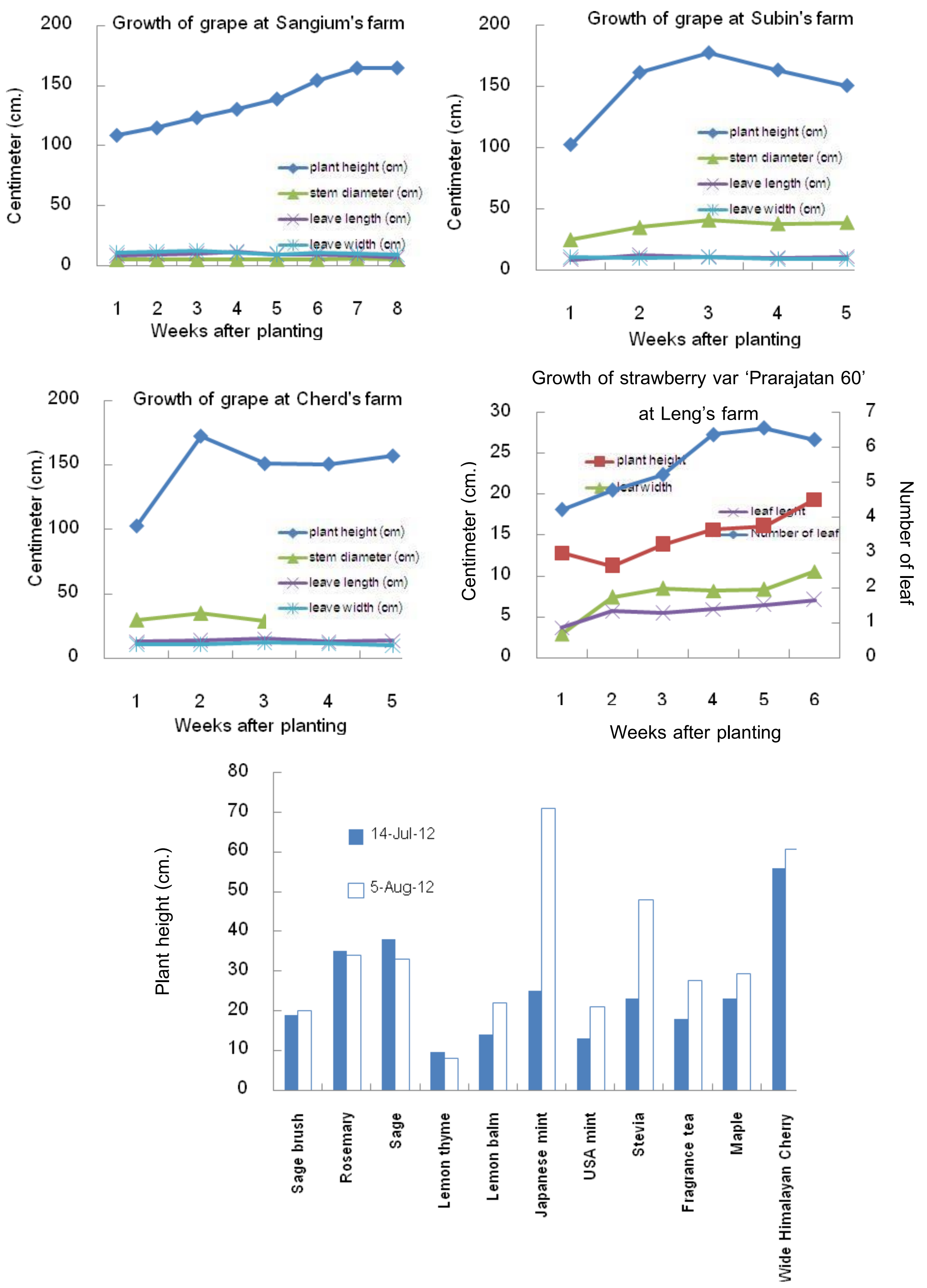


Figure 1 Growth of various kinds of plants initially planted by farmers in Kiriwongkot

ผลของน้ำควันไม้ต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง

Effect of Smoke-water on Seed Germination and Seedling Growth of 'Phet Pakchong' Sugar-apple (*Annona squamosa*)

เจนจิรา ชุมภูคำ[1] **วีริศ ศุภทัศนา**[1] **และ พิจิตรา แก้วสอน**[1]

Chumpookam, J.[1], Supatassana, V.[1] and Kaewsorn, P.[1]

Abstract

Studies on the effect of smoke-water (0, 1:250, 1:500, 1:750 and 1:1,000 v/v) on seed imbibition, germination and seedling growth of 'Phet Pakchong' sugar-apple were investigated. In the seed imbibition experiment at different period (6, 12, 18, and 24 hr.) found that low concentration of smoke-water (1:1,000 v/v) affected to sugar-apple seed, the maximum of imbibition at all period but showed no significant different. In seed germination experiment soaked seeds in different concentration of smoke-water (0, 1:250, 1:500, 1:750 and 1:1,000 v/v) for 24 hr. It was found that low concentration of smoke-water (1:1,000 v/v) had maximum percentage of germination (50 %) and showed significant different. Average germination time (AGT) found that seeds soaked in high concentration (1:250) used AGT 12 days and showed no significant different. In the growth experiments, sugar-apple seedlings were saturated with low concentration (1:1,000 v/v) of smoke-water showed that seedling vigor index (SVI), height of seedling, stem diameter and plant survival were 20,717, 13.8 cm, 0.22 mm and 100 % respectively. Therefore, low concentration (1:1,000 v/v) of smoke-water affected to seed imbibition, increased percentage germination, promoted and strengthened to survivability of sugar-apple seedling.

Keywords: imbibition, average germination time, seedling vigor index, plant survival

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของน้ำควันไม้ (0, 1:250, 1:500, 1:750 และ 1:1,000 v/v) ต่อการดูดน้ำของเมล็ด การงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง โดยการทดลองการดูดน้ำของเมล็ดที่ระยะเวลา 6, 12, 18, และ 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำควันไม้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (1:1,000 v/v) มีผลให้เมล็ดน้อยหน่าสามารถดูดน้ำได้สูงที่สุดของทุกช่วงเวลาแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการศึกษาการงอกของเมล็ด โดยการแช่เมล็ดในน้ำควันไม้ (0, 1:250, 1:500, 1:750 และ 1:1,000 v/v) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเมล็ดที่แช่ในน้ำควันไม้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (1:1,000 v/v) มีความงอกสูงที่สุด (50 %) และแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ส่วนระยะเวลาในการงอกของเมล็ดพบว่า การแช่เมล็ดในระดับความเข้มข้นสูง (1:250 v/v) ใช้เวลาในการงอกเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 12 วัน แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับการเจริญเติบโตของต้นกล้าน้อยหน่าพบว่าต้นกล้าน้อยหน่าที่รดด้วยน้ำควันไม้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (1:1,000 v/v) มีผลต่อดัชนีการเจริญเติบโต, ความสูงของต้นกล้า, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นและเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดสูงที่สุดคือ 20,717, 13.8 เซนติเมตร, 0.22 มิลลิเมตร และ 100% ตามลำดับ ดังนั้นน้ำควันไม้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (1:1,000 v/v) มีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ด เพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มความแข็งแรงในการอยู่รอดของต้นกล้าน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่องได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: การดูดน้ำ ระยะเวลาเฉลี่ยในการงอก ดัชนีการเจริญเติบโต อัตราการรอดชีวิต

คำนำ

น้อยหน่า (*Annona squamosa* L.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่ปลูกกันแพร่หลายในประเทศไทย เมล็ดน้อยหน่ามีเปลือกหุ้มเมล็ดที่หนา มีการพักตัวที่ยาวนานประมาณ 1-2 เดือน (Hayat, 1963) ใช้เวลาในการงอก 30-45 วันหลังจากที่นำไปแช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืนแล้วนำเมล็ดไปเพาะ โดยทั่วไปเมล็ดน้อยหน่ามีความงอกต่ำประมาณ 20-30% (Cantillang, 1976) เนื่องจากเมล็ดไม่สมบูรณ์หรืออาหารสะสมไม่เพียงพอ (Barnes, 1943) น้ำควันไม้ (Smoke-water) คือ สารเคมีที่สกัดออกมา

---

[1] **ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

จากควันที่ได้มาจากการเผาฟางข้าว โดยควันที่ได้นำไปผ่านน้ำ น้ำควันไม้มีคุณสมบัติในการกระตุ้นการงอกของพืช และส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ (Chumpookam และคณะ, 2012) สารสำคัญในน้ำควันไม้คือ Butenolide ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม 3-methyl-2H-furo[2,3-c]-pyran-2-one น้ำควันไม้สามารถทำลายเยื่อเลือกผ่านของชั้นคิวติเคิลเพื่อให้ดูดซับสารที่อยู่ภายนอกเมล็ดเข้าสู่ด้านในของเมล็ดได้มากขึ้น และสามารถทำลายการพักตัวของเมล็ด ปรับปรุงการงอกของรากพืชให้ดีขึ้น อีกทั้งยังส่งเสริมและกระตุ้นการเจริญของต้นกล้าหลังจากการย้ายปลูกได้ (Sparg และคณะ, 2005) ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของน้ำควันไม้ต่อการดูดน้ำ การงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง เพื่อใช้เป็นต้นตอในการเสียบยอดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การดูดน้ำ ศึกษาการดูดน้ำของเมล็ดน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง โดยแบ่งเมล็ดเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 เมล็ด วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แบ่งการทดลองเป็น 5 ทรีทเมนต์ คือ น้ำควันไม้ 0 (Control;น้ำ), 1:250, 1:500, 1:750 และ 1:1,000 v/v ทำการคลิบเมล็ดน้อยหน่าและชั่งน้ำหนักเมล็ดเริ่มต้น แล้วนำไปวางในจานทดลองขนาด 9 เซนติเมตร ซึ่งรองด้วยกระดาษทิชชู่ชนิดแข็ง วางซ้อนกัน 2 แผ่น และเติมน้ำควันไม้ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เป็นเวลา 6, 12, 18, และ 24 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 6 ชั่วโมง ด้วยการนำเมล็ดที่รดด้วยน้ำควันไม้ทุกระดับความเข้มข้นออกมาซับให้แห้งแล้วนำไปชั่งน้ำหนักเมล็ดทันที และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดจากสูตร การดูดน้ำ (%) = (M 2 – M 1) x 100

โดยที่ M 1 คือ น้ำหนักเมล็ด (เริ่มแรกของเมล็ด) ก่อนดูดน้ำ (กรัม)

M 2 คือ น้ำหนักเมล็ดหลังจากดูดน้ำ i ชั่วโมง (กรัม)

การงอก ศึกษาการงอกของเมล็ดน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง โดยแบ่งเมล็ดเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 เมล็ด วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แบ่งการทดลองเป็น 5 ทรีทเมนต์ คือ คือ น้ำควันไม้ 0 (Control;น้ำ), 1:250, 1:500, 1:750 และ 1:1,000 v/v ทำการคลิบเมล็ดน้อยหน่าและแช่ลงในน้ำควันไม้ในระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปล้างน้ำสะอาด ก่อนนำเมล็ดไปปลูกในถาดหลุมที่บรรจุด้วยพีทมอส และวางในโรงเรือนเป็นเวลา 30 วันหลังจากที่เพาะเมล็ด และบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

1) ความงอก (Germination) โดยตรวจนับต้นกล้าปกติ คือ ต้นกล้ามีใบจริงแผ่ออกมาได้อย่างสมบูรณ์ ใบไม่หงิกงอและปลายยอดไม่ตาย แล้วคำนวณความงอกของเมล็ดเป็นเปอร์เซ็นต์

ความงอกของเมล็ด (เปอร์เซ็นต์) = จำนวนต้นกล้าปกติ x 100

2) เวลาเฉลี่ยในการงอก (Average germination time; AGT) โดยการตรวจนับจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกทุกวันหลังเพาะเมล็ดเป็นเวลา 30 วัน แล้วนำข้อมูลมาคำนวณหาเวลาเฉลี่ยในการงอกจากสูตร (Chumpookum *และคณะ*, 2012)

$$AGT\ (\text{วัน}) = \sum (ti.ni)$$

ti คือ จำนวนวันที่เมล็ดงอกหลังจากวันเพาะเมล็ด

ni คือ จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกเพิ่มขึ้นในแต่ละวัน

$\sum n$ คือ จำนวนที่เมล็ดงอกทั้งหมด

การเจริญเติบโต ทำการคลิบเมล็ดน้อยหน่าและแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดไปเพาะในกระถางขนาด 4 นิ้ว ที่บรรจุด้วยพีทมอสและวางไว้ในโรงเรือนเป็นเวลา 2 สัปดาห์ เมื่อสังเกตเห็นใบจริงจำนวน 2 ใบ จึงทำการย้ายปลูกลงกระถางขนาด 8 นิ้ว ที่บรรจุด้วยพีทมอส รดน้ำควันไม้ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ น้ำ (Control) รดน้ำ 3 ครั้ง/สัปดาห์ ครั้งละ 30 มิลลิลิตร น้ำควันไม้ (1:250, 1:500, 1:750 และ 1:1,000 v/v) รดด้วยน้ำควันไม้ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ 2 ครั้ง/สัปดาห์ ครั้งละ 30 มิลลิลิตร และรดน้ำ 1 ครั้ง/ สัปดาห์ ครั้งละ 30 มิลลิลิตร โดยการรดแต่ละครั้งจะห่างกัน 2 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และบันทึกข้อมูลต้นกล้าน้อยหน่าที่อายุ 45 วัน หลังย้ายปลูก ต่างๆ ดังนี้ ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) ความยาวของราก (เซนติเมตร) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (มิลลิเมตร) น้ำหนักสดของต้น (กรัม) น้ำหนักสดของราก (กรัม) การอยู่รอด (%) ดัชนีการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Seedling vigor index; SVI)

SVI = [ความยาวของลำต้น (มิลลิเมตร) + ความยาวของราก (มิลลิเมตร)] x การอยู่รอด (%)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การดูดน้ำ น้ำควันไม้มีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ดน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง โดยเมล็ดน้อยหน่าที่แช่ในน้ำควันไม้ระดับความเข้มข้น 1:1,000 v/v มีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำสูงที่สุดของทุกช่วงเวลา แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 1) เนื่องจากน้ำควันไม้ช่วยกระตุ้นเอนไซม์ที่อยู่บริเวณเยื่อเลือกผ่านของเมล็ด ส่งผลให้เมล็ดสามารถดูดน้ำและเก็บน้ำภายในเมล็ดได้มากขึ้น (Van Staden และคณะ, 1995)

การงอก น้ำควันไม้มีผลต่อการงอกของเมล็ดน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง โดยเมล็ดน้อยหน่าที่แช่ในน้ำควันไม้ระดับความเข้มข้น 1:1,000 v/v มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด คือ 50% และแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้ดีกว่าน้ำควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 1:250, 1:500 และ 1:750 v/v ซึ่งมีการงอก 21.67% 28.33% 26.67% ตามลำดับ (Table 1) ส่วนระยะเวลาในการงอกของเมล็ดพบว่า การแช่เมล็ดในระดับความเข้มข้นสูง (1:250 v/v) ใช้เวลาในการงอกเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 12 วัน แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) อย่างไรก็ตาม Drewes และคณะ (1995) กล่าวว่าน้ำควันไม้ที่ระดับความเข้มข้นสูงสามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ แต่ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำน้ำควันไม้สามารถทำลายเยื่อเลือกผ่านของเปลือกหุ้มเมล็ด เพื่อทำให้เมล็ดสามารถดูดน้ำและรับออกซิเจนได้มากขึ้น (Egerton-Warburton, 1998) นอกจากนี้องค์ประกอบสำคัญในควันคือ เอทิลีน ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถชักนำให้เกิดการแบ่งเซลล์ของราก, เพิ่มการหายใจของเมล็ด และช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้ (Kucera และคณะ, 2005)

การเจริญเติบโต น้ำควันไม้มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง โดยต้นกล้าน้อยหน่าที่รดด้วยน้ำควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 1:1,000 v/v มีการเจริญเติบโตดีที่สุดและแตกต่างทางสถิติ โดยมีความสูงของลำต้น (13.18 เซนติเมตร), ความยาวของราก (26.58 เซนติเมตร), ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (0.22 มิลลิเมตร) น้ำหนักสดของราก (0.84 กรัม) การอยู่รอด (100%) และดัชนีการเจริญเติบโต (20,717) มากที่สุด (Table 2) Kulkarni และคณะ (2006) พบว่าน้ำควันไม้มีคุณสมบัติคล้ายกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ Kulkarni และคณะ (2008) พบว่าต้นมะเขือเทศที่รดด้วยน้ำควันไม้สามารถช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะติดผลอ่อนถึงระยะเก็บเกี่ยว ผลผลิตและสามารถเพิ่มจำนวนผลผลิตได้ ดังนั้นน้ำควันไม้สามารถช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ทำให้การผลิตต้นกล้ามีคุณภาพและเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ต้นกล้าได้ (Light และ Van Staden, 2004)

สรุปผล

น้ำควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 1:1.000 v/v มีแนวโน้มให้เมล็ดน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่อง สามารถดูดน้ำได้สูงที่สุด มีความงอกเฉลี่ยสูงที่สุด ต้นกล้าน้อยหน่าที่รดด้วยน้ำควันไม้ที่ระดับความเข้มข้น 1:1,000 v/v มีแนวโน้มส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าน้อยหน่าพันธุ์เพชรปากช่องได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

Barnes, H., 1943, Custard apple, Queensland Agricultural Journal, 57: 147-149.

Cantillang, P.L., 1976, Philippine Atis - The Sweetest Fruit, Greenfields, 6: 26-27.

Chumpookam, J., Lin, H.L. and Shiesh, C.C., 2012, Effect of Smoke-water on Seed Germination and Seedling Growth of Papaya (*Carica papaya* cv. Tainung No. 2), HortScience, 47(6): 741-744.

Drewes, F.E., Smith, M.T. and Van Staden, J., 1995, The Effect of Plant Derived Smoke Extract on The Germination of Light-sensitive Lettuce Seed, Plant Growth Regulation, 16: 205-209.

Egerton-Warburton, L.M., 1998, A Smoke-induced Alteration of The Sub-testa Cuticle in Seeds of the Post Fire Recruiter, Journal of Experimental Botany, 49: 1317-1327.

Hayat, M.A., 1963, Morphology of Seed Germination and Seedling in *Annona squamosa*, Bot. Gaz. 124: 360-362.

Kucera, B., Cohn, M.A. and Leubner-Metzger, G., 2005, Plant Hormone Interactions During Seed Dormancy Release and Germination, Seed Science Research, 15: 281-307.

Kulkarni, M.G., Ascough, G.D. and Van Staden, J., 2008, Smoke-water and A Smoke-isolated Butenolide Improve Growth and Yield of Tomatoes under Greenhouse Conditions, Hort Technology, 18: 449-454.

Kulkarni, M.G., Sparg, S.G., Light, M.E. and Van Staden, J., 2006, Stimulation of Rice (*Oryza sativa* L.) Seedling Vigour by Smoke-water and Butenolide, Journal of Agronomy and Crop Science, 192: 395-398.

Light, M.E. and Van Staden, J., 2004, The Potential of Smoke in Seed Technology, South African Journal of Botany, 70: 97-101.

Sparg, S.G., Kulkarni, M.G., Light, M.E. and Staden, J.V., 2005, Improving Seedling Vigour of Indigenous Medicinal Plants with Smoke, Bioresource Technology, 96: 1323-1330.

Van Staden, J., Jäger, A.K. and Strydom, A., 1995, Interaction Between a Plant-derived Smoke Extract, Light and Phytohormones on the Germination of Light-sensitive Lettuce Seeds, Plant Growth Regulation, 17: 213-218.

Table 1 Effect of smoke-water on water imbibition, seed germination and average germination time of 'Phet Pakchong' Sugar-apple

Smoke-water (v/v)	Water imbibition (%)				Germination (%)	AGT (day)
	6 hr	12 hr	18 hr	24 hr		
0	24.44	37.22	48.12	58.64	30.00 b[1/]	13.94
0 1:250	33.33	45.12	57.31	66.26	21.67 b	12.55
0 1:500	25.10	37.65	48.62	58.82	28.33 b	13.04
0 1:750	29.11	43.46	56.96	66.67	26.67 b	13.83
0 1:1,000	40.00	53.02	64.19	74.88	50.00 a	13.08
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns
CV (%)	28.72	21.45	16.74	24.81	26.70	19.66

[1/] Means in the same column followed by different letters are significantly different (P ≤ 0.05) by DMRT.

ns = Non-significance.

Table 2 Effect of smoke-water on seedling growth of 'Phet Pakchong' Sugar-apple at 45 days after transplanting.

Smoke-water (v/v)	Plant height (cm)	Root length (cm)	Stem diameter (mm)	Fresh shoot weight (g)	Fresh Root weight (g)	Survival (%)	SVI
0	10.95 b[1/]	15.57 b	0.16 b	0.48 c	0.36 b	93.33	14,668
0 1:250	8.87 c	22.52 ab	0.21 ab	0.97 abc	0.76 a	100	17,083
0 1:500	8.80 c	22.71 ab	0.21 ab	1.19 a	0.82 a	86.73	14,889
0 1:750	8.88 c	23.91 ab	0.19 ab	0.57 bc	0.71 a	100	18,900
0 1:1,000	13.18 a	26.58 a	0.22 a	1.12 ab	0.84 a	100	20,717
F-test	*	*	*	*	*	ns	ns
CV (%)	15.24	29.04	21.77	55.91	37.43	8.6	61.09

[1/] Means in the same column followed by different letters are significantly different (P ≤ 0.05) by DMRT.

ns = Non-significance.

การออกแบบถังหมักเพื่อเพิ่มอัตราการผลิตแก๊สมีเทน

Reactor Design to Increase Rate Methane Production

ทศพล ศรัทธานนท์[1] รัตนชัย ไพรินทร์[1] และ เก้ากันยา สุดประเสริฐ[1]

Sadthanon, T.[1], Pairintra, R.[1] and Sudaprasert, K.[1]

Abstract

Thailand is an agricultural country with numerous amount of agricultural residues for producing used as an alternative energy. Nowadays, in households, biogas is produced with the problems of small amounts of methane and leakage is normally occurrs. In order to enhance its efficiency, a biogas fermenter was newly designed by adding an agitator with the chassis, which reduces leakage of the tank. A 30-liter fermentor was used for anaerobic fermentation in one batch. At ambient temperature. There were 3 different configurations of fermentation tank including fermenter without agitator, fermenter with screwed agitator and fermenter with finned agitator Cow dung and water hyacinth were fed into the tank at the ratio of 1: 2 and the initial pH of 7. Ash was then used to adjust to pH of 10. The tank was stirred by the agitator once a day. Fermentation took 15 days. Results, indicated that the highest amount of CH_4 produced in the tank with finned agitator at CH_4 was 64%, Biogas that was produced in the tank with screwed agitator was 54% of CH_4. Finally, of gas with 44% methane is produced in the tank without agitator. It can be estimated that one ton of water hyacinth can be used to produce 4.17 m^3 of biogas with the heating value of 89.66 MJ/ m^3. This is equivalent to power of 5 kW-hr, Liquid Petroleum Gas (LPG) of 1.92 kg, charcoal of 6.67 kg, and 2.50 liters of gasoline. And use of renewable fuels and the other domestic.

Keywords: screwed agitator, finned agitator, methane

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ ปัจจุบันการผลิตก๊าซชีวภาพที่นำมาใช้ภายในครัวเรือนเป็นแบบถังหมักซึ่งมีการเกิดก๊าซมีเทนน้อย และมีการรั่วซึม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ถังหมักก๊าซชีวภาพ จึงออกแบบถังหมักเป็นแบบมีใบกวนโดยใบกวนติดกับตัวถังด้านในทำให้ลดการรั่วซึมของถังหมักได้ ถังหมักที่ใช้มีขนาด 30 ลิตร หมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่อุณหภูมิปกติ แล้วทำการทดลองเปรียบเทียบโดยการหมักก๊าซชีวภาพในถังหมัก 3 รูปแบบ คือ ถังหมักแบบไม่มีใบกวน ถังหมักมีใบกวนแบบเกลียว และถังหมักมีใบกวนแบบครีบ โดยใช้วัสดุทางการเกษตรเป็นมูลวัวและผักตบชวา ในอัตราส่วน 1: 2 มีค่า pH เริ่มต้นที่ 7 แล้วใช้ขี้เถ้าปรับค่า pH ขึ้นเป็น 10 หมักเป็นเวลา 30 วัน วิเคราะห์สัดส่วนปริมาณก๊าซมีเทน พบว่าถังหมักมีใบกวนแบบครีบสามารถทำให้เกิดแก๊สมีเทน 64% รองลงมาเป็นถังหมักมีใบกวนแบบเกลียวเกิดที่แก๊สมีเทน 54% และสุดท้ายถังหมักไม่มีใบกวนเกิดแก๊สมีเทน 44% หากใช้ผักตบชวา 1 ตัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยได้ 4.17 ลูกบาศก์เมตร ได้ค่าความร้อน 89.66 MJ/m^3 สามารถทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า 5 kW-hr พลังงานก๊าซหุงต้ม (LPG) 1.92 กิโลกรัม พลังงานชีวมวลถ่าน 6.67 กิโลกรัม และน้ำมันเบนซิน 2.50 ลิตร และสามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงภายในครัวเรือนได้อีกทาง

คำสำคัญ: ใบกวนเกลียว ใบกวนครีบ มีเทน

คำนำ

พลังงานเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและการเจริญเติบโตของประเทศ ดังนั้นการจัดหาทรัพยากรทางพลังงานให้เพียงพอจึงเป็นภาระที่สำคัญของรัฐบาลทุกประเทศ ที่ต้องวางแผนในการดำเนินงานอย่างรอบคอบเพื่อความมั่นคง

[1] คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[1] School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Pracha U-tid Rd., ThungKhru, Bangkok 10140

ประเทศ โดยเฉพาะการลดการพึ่งพาการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ โดยเฉพาะเชื้อเพลิงฟอสซิล ดังนั้นการเลือกแหล่งผลิตพลังงานภายในประเทศจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

กาญจนบุรีเป็นจังหวัดที่มีแม่น้ำแควน้อยและใหญ่ ไหลผ่านมาบรรจบกันทั้งสองฝั่งของแม่น้ำ ก็จะมีทั้งชุมชนเล็กและใหญ่อาศัยสายน้ำแห่งนี้เพื่อดำลงชีวิตและเลี้ยงชีพ โดยส่วนใหญ่นั้นจะใช้ยานพาหนะในการเดินทางสันจรและหาเลี้ยงชีพ จะเป็นเรือเพื่อสะดวกในการเดินทางในการเข้าสู่ซอกเล็กตามห้วยต่างๆ และจะมีสิ่งกีดขวางในการเดินเรือหลักๆ ก็จะมีเศษขยะมูลฝอย เศษไม้และผักตบชวาซึ่ง เป็นปัญหาหลักๆ ของชาวบ้านริมแม่น้ำที่เศษขยะเหล่านี้สร้างปัญหาโดยส่วนหลักแล้วจะเกิดจากปัญหาผักตบชวาที่เจริญเติบโตมากจนเกินไป จึงเห็นถึงปัญหาของชาวบ้านจึงได้นำผักตบชวามาเป็นวัตถุดิบส่วนหนึ่งในการผลิตเป็นแก๊สชีวภาพเพื่อเป็นการลดผักตกชวาในแม่น้ำลำคลอง

กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ สามารถผลิตพลังงานเพื่อมาทดแทนพลังงานฟอสซิลได้ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและมีของเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมาก เกษตรกรจึงสามารถนำวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นพลังงานที่ใช้ในระดับครัวเรือนได้ ซึ่งเกษตรกรมีวิธีการทำถังหมักก๊าซชีวภาพโดยคำนึงถึงเรื่องของราคาวัสดุหาได้ง่ายตามท้องตลาดและสามารถซ่อมแซมดูแลรักษาได้เอง ปัจจุบันเกษตรกรใช้การหมักแก๊สชีวภาพหลายรูปแบบ เช่น แบบฝาครอบลอย แบบยอดโดมและแบบพลาสติกคลุมราง การหมักแก๊สชีวภาพแบบฝาครอบลอยเป็นอีกวิธีหนึ่งที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ ซึ่งวิธีนี้จะไม่มีการกวนภายในถังจึงทำให้เกิดปริมาณแก๊สมีเทนที่น้อย เกษตรกรจึงได้ติดตั้งใบกวนภายในถังเพื่อทำให้เกิดปริมาณแก๊สมีเทนเพิ่มขึ้น แต่เกษตรกรยังพบปัญหาการรั่วของถังหมักแก๊สชีวภาพแบบฝาครอบลอย (วิภาดา และคณะ, 2553)

การวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการออกแบบถังหมักแก๊สชีวภาพที่สามารถเพิ่มปริมาณมีเทนและช่วยป้องกันการรั่วซึมของถังหมักแก๊สชีวภาพ โดยมีการออกแบบถังหมักแก๊สชีวภาพที่มีใบกวน ลักษณะเป็นแบบครีบ, แบบเกรียวติดตั้งใบกวนไว้ภายในถัง เพื่อลดปัญหาการรั่วซึมของแก๊สชีวภาพจากแบบเก่าที่มีการรั่วซึมออกตามรอยต่อท่อ โดยการใช้เครื่องเชื่อมพลาสติกเพื่อประสานตามรอยต่อที่เป็นสาเหตุของการรั่วซึมของแก๊สชีวภาพ โดยลักษณะของการกวนของถังหมักแก๊สชีวภาพที่ทำการออกแบบนี้จะเป็นลักษณะของการกลิ้งถังเพื่อเป็นการกวนผสมและคลุกเคล้าวัตถุดิบภายในถังหมักแก๊สชีวภาพ ก็จะทำให้ปริมาณของแก๊สมีเทนเกิดดีและเร็วยิ่งขึ้น (ชินวัฒน์ และคณะ, 2552) โดยวัสดุที่นำมาใช้ทำถังหมักแก๊สชีวภาพก็จะเน้นที่หาได้ง่ายหรือของเหลือใช้ทางการเกษตร มีราคาถูก ทำไปแล้วสามารถดูแลรักษาซ่อมบำรุงเองได้ อีกทั้งวัตถุดิบที่นำมาใช้ก็เน้นของที่หาได้ง่าย เป็นของเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อทำให้เกษตรกรสามารถลดค่าใช่จ่ายภายในครัวเรือน และยังสามารถนำกากและน้ำที่ผ่านการหมักมาใช้ประโยชน์ได้อีกโดยมีจุดเช่นคือ น้ำที่ผ่านการหมักจะไม่มีกลิ่นเหม็นเนื่องจากกระบวนการหมัก จะทำการย่อยเศษอาหารจนหมดหมับแบบไม่ใช้อากาศและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดย นำกากไปเป็นปุ๋ยนำน้ำที่ผ่านการหมักไปรดน้ำต้นไม้ทำให้พืชเจริญเติบโตโดยไม่ต้องใช้สารเคมีและรดต้นทุนได้อีกทางด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์การผลิตถังหมักก๊าซชีวภาพแบบมีใบกวนในการผลิตก๊าซชีวภาพในถังหมัก 30 ลิตร แบบมีใบกวนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ แท่นสำหรับกวน และตัวถังหมักก๊าซชีวภาพในการทำแท่นวางถังก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วยเหล็กกล่องขนาด 1x1 นิ้ว เหล็กแบนขนาดหนา 3 มิลลิเมตร กว้าง 1 นิ้ว ลูกกลิ้ง แป้นหมุนเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ชุดถังหมัก 30 ลิตรประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้ถังพลาสติกขนาดปริมาตร 30 ลิตรและถังขนาด 10 ลิตร สายขนาด 8 มิลลิเมตร วาล์ว PVC ขนาด 11/2 นิ้ว ท่อ PVC ขนาด ½ นิ้ว ยาว 2 ซม. ข้อต่อหางปลา ขนาด ½ นิ้ว ข้อต่อเกลียวใน ขนาด ½ นิ้ว และท่อ PVC สามทาง ขนาด ½ นิ้ว

Figure 1 Reactor 30 liter

Figure 2 Finned agitator

นำถังทั้ง 3 แบบคือ ถังหมักแบบไม่มีใบกวน ถังหมักมีใบกวนแบบเกลียว และถังหมักมีใบกวนแบบครีบ มาทดลองเพื่อเปรียบเทียบการเกิดก๊าซมีเทนในถังกวนแต่ละรูปแบบ หมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนและทำการหมักแบบครั้งเดียว (Batch) ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติโดยใช้วัสดุทางการเกษตรเป็นมูลวัวและผักตบชวา ในอัตราส่วน 1: 2 มีค่า pH เริ่มต้นที่ 7 แล้วใช้ขี้เถ้าปรับค่า pH ขึ้นเป็น 10 กวนใบกวนวันละหนึ่งครั้ง หมักเป็นเวลา 15 วัน วัดปริมาณก๊าซโดยการแทนที่น้ำ วิเคราะห์สัดส่วนปริมาณก๊าซมีเทน โดยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองถังหมักที่ใช้มีขนาด 30 ลิตร หมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนและทำการหมักแบบครั้งเดียว (Batch) ที่อุณหภูมิปกติ ออกแบบหมักก๊าซชีวภาพ 3 รูปแบบ คือ ถังหมักแบบไม่มีใบกวน ถังหมักมีใบกวนแบบเกลียว และถังหมักมีใบกวนแบบครีบ โดยใช้วัสดุทางการเกษตรเป็นมูลวัวและผักตบชวา ในอัตราส่วน 1: 2 มีค่า pH เริ่มต้นที่ 7 แล้วใช้ขี้เถ้าปรับค่า pH ขึ้นเป็น 10 โดยใช้ขี้เถ้า วันละหนึ่งครั้ง 3 นาที ความเร็วรอบ 37 รอบต่อนาที หมักเป็นเวลา 30 วัน วัดปริมาณแก๊สโดยการแทนที่น้ำ ตรวจวัดปริมาณแก๊สมีเทน พบว่าถังหมักมีใบกวนแบบครีบสามารถทำให้เกิดแก๊สชีวภาพได้มากที่สุด 7 ลิตร/ วัน ค่ามีเทน 64%/ วัน ค่า COD ลดลง 22% ค่า BOD ลดลง 31% รองลงมาเป็นถังหมักมีใบกวนแบบเกลียวเกิดก๊าซ 6.2 ลิตร/ วัน มีค่ามีเทน 60%/ วัน ค่า COD ลดลง 18.8% ค่า BOD ลดลง 27% และสุดท้ายถังหมักไม่มีใบกวนเกิดแก๊ส 5.7 ลิตร/ วัน มีค่ามีเทน 55%/ วัน ค่า COD ลดลง 16.4% ค่า BOD ลดลง 12%

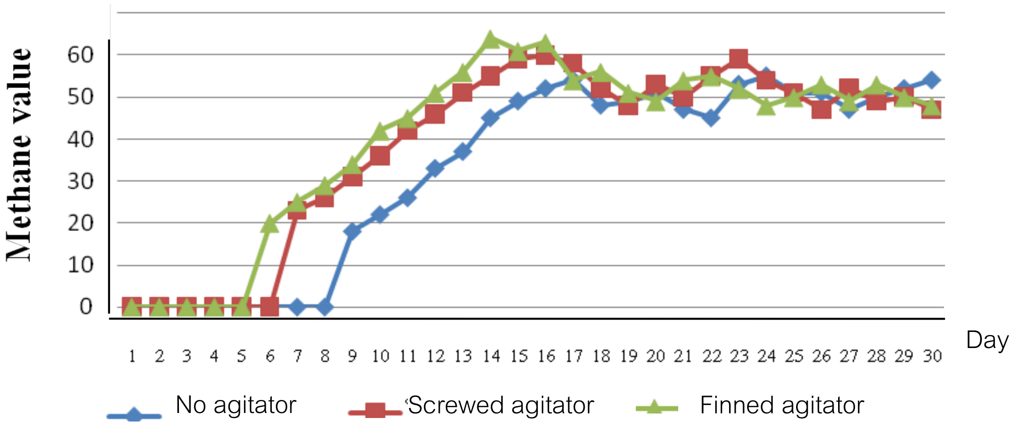


Figure 3 Graph shows the methane value.

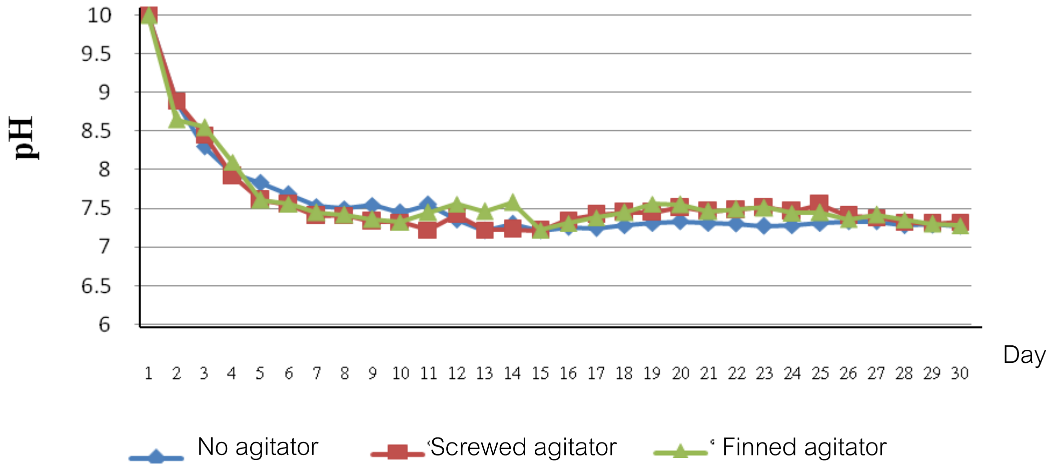


Figure 4 Graph shows the pH value.

สรุปผล

ถังหมักที่เป็นแบบมีใบกวน โดยใบกวนติดกับตัวถังด้านใน สามารถลดการรั่วซึมของแก๊ซชีวภาพได้ และถังหมักมีใบกวนแบบครีบตรงใช้ มูลโคและผักตบชวา หมักในอัตราส่วน 1 : 2 หมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนและทำการหมักแบบครั้งเดียว (Batch) ที่อุณหภูมิปกติ ใช้ถังหมักขนาด 30 ลิตร ใช้ระยะเวลาในการหมัก 30 วัน โดยมีการกวนถังหมักวันละครั้ง พบว่าเริ่มต้นการหมักมีการปรับค่า pH ให้สูง ด้วย ขี้เถ้า ค่า pH เริ่มต้นจึงอยู่ที่ 10 หลังจากระยะเวลาการหมัก 8 วัน ค่า pH ในถังหมักโดยเฉลี่ยได้ 7.5 ปริมาณการเกิดแก๊สสูงสุดที่ 7 ลิตร ในวันที่ 23 ของการหมัก เปอร์เซ็นมีเทนสูงสุด 64% ค่า COD ลดลง 22% ค่า BOD มีลดลง 31% เกิดการย่อยสลายได้ดีที่สุด เนื่องจากกากผักตบชวาได้ย่อยสลายไม่มีหลงเหลือเลย หากนำผักตบชวา 1 ตัน สามารถผลิตก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ยได้ 4.17 ลูกบาศก์เมตร ได้ค่าความร้อน 89.66 MJ/m^3 สามารถทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 5 kW-hr พลังงานก๊าซหุงต้ม (LPG) ได้ 1.92 กิโลกรัม พลังงานชีวมวลถ่านได้ 6.67 กิโลกรัม น้ำมันเบนซินได้ 2.50 ลิตร

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีและห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ก๊าซชีวภาพ (เครื่อง GC)

เอกสารอ้างอิง

ชินวัฒน์ ฮุ่นศิริ วรภัส เพ็ชรนิยม พิมลรัตน์ นิยมเวช และ รติกร ศรอำพล, 2552, ผลของระดับการกวนที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 18-29.

วิภาดา ศิริอนุสรณ์ศักดิ์ สุภางค์ จุฬาลักษณานุกูล และ วรวุฒิ จุฬาลักษณานุกูล, 2553, ก๊าซชีวภาพ แหล่งพลังงานทดแทน, วิทยาศาสตร์ มศว., ฉบับที่ 26, เล่มที่ 2, หน้า 197-210.

การเปรียบเทียบการปักชำว่านสี่ทิศในวัสดุที่แตกต่างกัน

Comparison Cutting of Amaryllis *(Hippeastrum Puniceum (Lam.) Urb.)* in Difference Materials

ชาญณรงค์ แสงผา[1] ปรีชา สายเพชร[1] ประเสริฐ บุญพิทักษ์กิจ[1] และ กัลยา มิขะมา[1]

Sangpha, C.[1], Saipet, P.[1], Boonphitakkit, P.[1] and Mikhama, K.[1]

Abstract

Amaryllis is a well known flower for decoration in many countries around the world including Thailand. However, amaryllis is still expensive nowadays as the methods of growing, propagation, and bolting are complicated and require high expenses. Cutting is the most well known method of propagation but the number of propagates gain through cutting is still small. This research, thus, studied the cuttings of amaryllis using different materials. The research was based on the completely randomized design (CRD). The materials used for cutting included the combinations of sand and rice husk ash, coconut coir and rice husk ash, natural garbage and rice husk ash, and rice husk ask only as the control sample. After growing amaryllis by cutting in the four materials for 90 days, it was found that the propagates grew best in the sand and rice husk ash and the average amount of heads, roots, and leafs were 6.5, 1.82, and 1.76, respectively. In terms of size, the sand and rice husk ash yielded the highest average in the lengths of roots and leafs at 5.95 and 14.41 centimeters, respectively. For the size of heads, the coconut coir and rice husk ash gave the highest average size at 4.08 centimeters, while the sand and rice husk ash showed the average of 3.95 centimeters. It can be concluded that the best material for growing amaryllis is the combination of sand and rice husk ash because the materials are friable allowing air to flow through easily. Sand and rice husk ask are also abundant materials.

Keywords: amaryllis, cutting, propagation, materials

บทคัดย่อ

ว่านสี่ทิศจัดว่าเป็นไม้ดอกไม้ประดับมงคลชนิดหนึ่งซึ่งกำลังได้รับความนิยมทั้งต่างประเทศและในประเทศไทย แต่ปัจจุบันว่านสี่ทิศยังคงมีราคาแพงเนื่องจากวิธีการขยายพันธุ์ และการทำให้ออกดอกมีวิธีการที่ซับซ้อน มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง และยังผลิตหัวพันธุ์ได้ในปริมาณที่น้อย จึงมีคำถามว่าวัสดุชำที่แตกต่างกันจะมีผลอย่างไร ได้เปรียบเทียบการปักชำว่านสี่ทิศในวัสดุที่แตกต่างกัน โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ใช้วัสดุปักชำที่แตกต่างกัน คือ ทราย+ขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าแกลบ+ขุยมะพร้าว สนม+ขี้เถ้าแกลบ และขี้เถ้าแกลบ (control) จากการทดลองปักชำว่านสีทิศ อายุ 90 วัน พบว่า วัสดุชำที่เป็นทราย+ขี้เถ้าแกลบ ส่งผลให้การงอกของหัวว่านสี่ทิศมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ทั้งจำนวนหัว จำนวนราก จำนวนวนใบ คือ 6.5 1.82 และ 1.76 ตามลำดับ เมื่อวัดขนาด พบว่า วัสดุชำที่เป็นทราย+ขี้เถ้าแกลบ ให้ค่าความยาวใบ และความยาวราก เฉลี่ยมากที่สุด คือ 14.41 ซม. และ 5.95 ซม. ส่วนการวัดขนาดหัว วัสดุชำขี้เถ้าแกลบ+ขุยมะพร้าว ให้ค่าเฉลี่ย 4.08 ซึ่งมากกว่าวัสดุชำทราย+ขี้เถ้าแกลบ คือ 3.95 อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาทดสอบทาง สถิติพบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ จากผลการทดลองนี้ได้ข้อเสนอแนะการขยายพันธุ์ว่านสี่ทิศว่าควรใช้วัสดุปักชำทราย+ขี้เถ้าแกลบ เพราะมีความร่วนซุย อากาศถ่ายเทได้ สามารถรักษาความชื้นที่เหมาะสมในการปักชำว่านสี่ทิศ ทั้งนี้เนื่องจากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ามีแนวโน้มทำให้การเจริญเติบโตมากที่สุด อีกทั้งเป็นวัสดุเพาะที่หาง่าย ราคาถูก

คำสำคัญ: ว่านสี่ทิศ การผ่าหัว การปักชำ วัสดุ

คำนำ

ว่านสี่ทิศ หรือ Amaryllis เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวในวงศ์ Amaryllidaceae อยู่ในสกุล *Hippeastrum* เป็นไม้ล้มลุกอายุหลายฤดูมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้และทางตอนใต้ของทวีปแอฟริกาตั้งแต่ประเทศเม็กซิโกและหมู่เกาะอินดีสตะวันตก จนถึงประเทศชิลีและประเทศอาร์เจนตินา นอกจากนี้ยังพบในแถบลุ่มแม่น้ำอเมซอนของประเทศบราซิล ประเทศโบลิเวีย และ

[1] คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม 103 หมู่ 3 ถนนชยางกูร ต.ขามเฒ่า อ.เมือง จ.นครพนม

[1] Faculty of Agriculture and Technology Nakhon Phanom University,103 Moo 3 Muang district, Nakhon Phanom province 48000, Thailand.

ประเทศเปรู ซึ่งนับว่าเป็นศูนย์กลางการแพร่กระจ่ายของพืชสกุลนี้ไปยังเขตร้อนและกึ่งร้อนอื่นๆ ของโลก ปัจจุบัน ว่านสี่ทิศพบในธรรมชาติ 80 ชนิด เดิมว่านสี่ทิศจัดอยู่ในสกุล *Amaryllis* ต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น *Hippeastrum* เพราะมีลักษณะต่างกันที่สกุล Amaryllis มีก้านช่อดอกตัน ขณะที่สกุล *Hippeastrum* มีก้านช่อดอกกลวง (วัฒนาวดี, 2542; วราวุฑธ และ โสระยา, 2553)

ว่านสี่ทิศนำเข้าจากต่างประเทศมาปลูกในประเทศไทยมานานแล้วจนเรียกว่าเป็นพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งกลุ่มแรกมีใบสีเขียว เช่น พันธุ์ดอกสีส้ม สีแดง สีชมพู และครีมขีดแดง พันธุ์เหล่านี้ออกดอกปีละครั้งในฤดูแล้ง ขณะมีช่อดอกมักจะไม่มีใบ กลุ่มที่สองเป็นพวกที่มีแถบสีขาวกลางใบ ได้แก่ รางเงิน รางทอง และรางนาค พันธุ์เหล่านี้ออกดอกได้ปีละหลายครั้ง ขณะที่ออกดอกมีใบด้วย ใบกว้างหนา กลีบดอกมีร่างแห อีกกลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มลูกผสมจากต่างประเทศ ซึ่งได้รับความนิยมมาก เนื่องจากมีดอกขนาดใหญ่ รูปทรงของดอกแตกต่างกันออกไป สีและลวดลายบนกลีบดอกสวยงาม ซึ่งพันธุ์เหล่านี้ได้จากการปรับปรุงพันธุ์อย่างต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1799 (Huxley และคณะ, 1992; Okubo, 1993) ในประเทศแถบยุโรป อเมริกา อาฟริกา และญี่ปุ่น จนกระทั่งปัจจุบันมีพันธุ์ลูกผสมมากกว่า 300 พันธุ์ ซึ่งส่วนใหญ่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ที่ประเทศเนเธอร์แลนด์ และอาฟริกาใต้ ว่านสี่ทิศจัดว่าเป็นไม้ดอกไม้ประดับมงคลชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมทั้งต่างประเทศและในประเทศไทย

ปัจจุบันว่านสี่ทิศยังคงมีราคาแพง เนื่องจากวิธีการปลูก การขยายพันธุ์ และการทำให้ออกดอก มีวิธีการที่ซับซ้อน มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง และยังผลิตหัวพันธุ์ได้ในปริมาณที่น้อย ดังนั้นผู้จัดทำโครงการจึงต้องการศึกษาว่าวัสดุชำต่างที่ชนิดกัน เพื่อหาวัสดุที่เหมาะสมและมีต้นทุนต่ำในการปักชำ แต่มีเปอร์เซ็นต์การงอกของราก และหัวใหม่ในอัตราที่สูง โดยการศึกษานี้ใช้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD)

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองแบ่งออกเป็น 4 ทรีตเม้นท์ (Treatment) 4 ซ้ำ (Replication)

อุปกรณ์ คือ ทราย+ขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าแกลบ+ขุยมะพร้าว สนม ขี้เถ้าแกลบ และขี้เถ้าแกลบ (Control) ผสมกันในอัตรา 1:1 โดยปริมาตร นำวัสดุที่ผสมเสร็จใส่ลงในทรีตเม้นท์การทดลองทั้ง 4 ทรีตเม้นท์ๆ ละ 4 ซ้ำ รวม 16 หน่วยการทดลอง

วิธีการ ทำความสะอาดหัวว่านที่ต้องการปักชำโดยการตัดส่วนยอดใบ ใบแห้ง ช่อดอก ราก และแกะเปลือกสีน้ำตาลออก ล้างหัวว่านสี่ทิศด้วยสารโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 6% ผ่าตามความยาว 10 ชิ้นต่อหนึ่งหัว โดยผ่าฐานหัว

นำชิ้นหัวที่ผ่าเสร็จไปแช่ยากันเชื้อราคูเลเตอร์ ในอัตรา 5 กรัมต่อน้ำ 2 ลิตร นาน 10 นาที แล้วนำไปผึ่งลมให้พอหมาด

นำชิ้นหัวว่านมาปักชำในวัสดุ โดยปักด้านที่มีฐานหัวลงลึกประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงชิ้นหัว รดน้ำพอชุ่มแล้วรดด้วยคูเลเตอร์ ในอัตรา 5 กรัมต่อน้ำ 2 ลิตร (นพพร, 2551) (Figure 1) โดยชำระยะเวลา นาน 90 วัน แล้ววัดค่าการเจริญเติบโตตาม 6 ลักษณะ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

Figure 1 Experimental process

ผลการทดลอง

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตว่านสี่ทิศ โดยศึกษา 6 ลักษณะ ได้แก่ จำนวนหัว ขนาดหัว จำนวนราก ความยาวราก จำนวนใบ และความยาวใบ จำแนกตามวัสดุชำ ทราย+ขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าแกลบ+ขุยมะพร้าว สนม ขี้เถ้าแกลบ และขี้เถ้าแกลบ พบว่า วัสดุชำทราย+ขี้เถ้าแกลบ ให้ค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตดีที่สุด คือ มีวัดจำนวนเฉลี่ย พบว่า จำนวนหัว จำนวนราก จำนวนใบ คือ 6.5 1.82 และ 1.76 ตามลำดับ เมื่อวัดความยาว พบว่า ความยาวใบ และความยาวราก เฉลี่ย คือ 14.41 ซม. และ 5.95 ซม. ส่วนการวัดขนาดหัว วัสดุชำขี้เถ้าแกลบ+ขุยมะพร้าว ให้ค่าเฉลี่ย 4.08 ซึ่งมากกว่าวัสดุชำทราย+ขี้เถ้าแกลบ คือ 3.95

เมื่อนำมาทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบ จำนวนหัว ขนาดหัว จำนวนใบของว่านสี่ทิศ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติแต่ความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ จำนวนราก ความยาวรากเฉลี่ย ความยาวใบเฉลี่ยของว่านสี่ทิศ (Table 1) โดยที่ ผลการเปรียบเทียบจำนวนรากของว่านสี่ทิศ พบว่า วัสดุชำทราย+ขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าแกลบ+ขุยมะพร้าว และขี้เถ้าแกลบ (Control) ให้จำนวนรากว่านสี่ทิศเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แต่วัสดุชำสนม+ขี้เถ้าแกลบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ผลการเปรียบเทียบความยาวรากเฉลี่ย เมื่อนำมาทดสอบทางสถิติ พบว่า วัสดุชำขี้เถ้า+ขุยมะพร้าว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวัสดุชำทราย+ขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าแกลบ (Control) และสนม+ขี้เถ้าแกลบ ไม่แตกต่างจากขี้เถ้าแกลบ (Control) และสนม+ขี้เถ้าแกลบ

ผลเปรียบเทียบความยาวใบเฉลี่ย พบว่าวัสดุชำทราย+ขี้เถ้าแกลบ แตกต่างจากขี้เถ้าแกลบ (Control) ขี้เถ้าแกลบ+ขุยมะพร้าว และ สนม+ขี้เถ้าแกลบ ส่วนวัสดุชำขี้เถ้าแกลบ (Control) ขี้เถ้าแกลบ+ขุยมะพร้าว และ สนม+ขี้เถ้าแกลบ ไม่มีความแตกต่างกัน

Table 1 The result: compare of amaryllis' growth 90 days

Rep	Head	Size of head (cm.)	Root	Length of root (cm.)	Leaf	Length of leaf (cm.)
sand and rice husk ash	6.5	3.95	1.82^{a}	5.95^{a}	1.76	14.41^{b}
coconut coir and rice husk ash	6.0	4.08	181^{a}	3.89^{b}	1.44	10.19^{a}
alluviums and rice husk ash	5.5	3.84	1.05^{b}	4.72^{a}	1.45	8.13^{a}
rice husk ask (Control)	6.0	3.94	1.76^{a}	5.41^{a}	1.35	9.97^{a}
ANOVA-test	11.78 %	12.14 %	12.42 % LSD $_{.01}$= 0.43	6.94 % LSD $_{.01}$= 0.74	13.33 %	12.74 % LSD $_{.01}$=2.95

สรุปผล

การเจริญเติบโตทั้ง 6 ลักษณะของวานสี่ทิศ พบว่าการใช้วัสดุชำที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของว่านสี่ทิศใน 3 ลักษณะ คือ จำนวนหัว ขนาดหัว จำนนวนใบ และพบความแตกต่างกันทางสถิติ 3 ลักษณะ คือ จำนวนราก ความยาวรากเฉลี่ย ความยาวใบเฉลี่ย อย่างไรก็ตาม พบว่า วัสดุชำทราย+ขี้เถ้าแกลบ เหมาะสมกับการชำว่านสี่ทิศมากที่สุด โดยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของว่านสี่ทิศใน 5 ลักษณะ ผลจากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าวัสดุชำทราย+ขี้เถ้าแกลบ ส่งผลให้ว่านสี่ทิศมีแนวโน้มการเจริญเติบโตมากที่สุด อาจเนื่องด้วยทราย+ขี้เถ้าแกลบ มีความร่วนซุย อากาศถ่ายเทได้ดี สามารถรักษาความชื้นที่เหมาะสมในการปักชำว่านสี่ทิศ ดังนั้นข้อเสนอแนะสำหรับเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจจะขยายพันธุ์ว่านสี่ทิศว่าควรใช้วัสดุปักชำเป็นทราย+ขี้เถ้าแกลบ เป็นวัสดุชำ อีกทั้งเป็นวัสดุชำที่หาง่าย ราคาถูก

คำขอบคุณ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ณรากร สาริบุตร ที่ช่วยอนุเคราะห์หัวพันธุ์ว่านสี่ทิศ รวมถึงให้คำแนะนำปรึกษาและสนับสนุนการดำเนินงานทดลองจนบรรลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

นพพร พัฒนพรพันธุ์, 2551, ว่านสี่ทิศ, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บ้านและสวน.

วราวุทธ วงศ์อิน และ โสระยา ร่วมรังสี, 2553, ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพดอกของว่านสี่ทิศพันธุ์ซูซาน, วารสารเกษตร, 26(1)กุมภาพันธ์.

วัฒนาวดี จินตภากร, 2542, การเจริญเติบโตของหัวว่านสี่ทิศ, เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Huxley, A., 1992, The New Royal Horticultural Society Dictionary of Gardening, Volume 1. New York: Stockton Press, 815 p.

Okubo, H., 1993, Hippeastrum (Amaryllis), In: The Physiology of Flower Bulbs. A. DE Hertogh and M. LE Nard (Eds), Elsevier, pp. 321-324.

ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่
Antioxidant Activity of Garlic and Onion Extracts

สุญาณี มงคลตรีรัตน์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]
Mongkoltrirat, S.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

This research aimed to compare the antioxidant activity and total phenolic contents of garlic and onion extracted by water and 95% ethanol. Yield of crude extracts obtained from garlic and onion extracted by both water and ethanol were 30.00%, 59.19%, and 21.17%, 55.27%, respectively. The highest value of total phenolic contents, analyzed by Folin-Ciocalteau phenol test, of garlic and onion extracted with 95% ethanol was 1.34 and 2.12g GAE/100g DW, respectively. Antioxidant activity of ethanolic garlic and onion extracts was greater then water extracts. As analyze by DPPH radical scavenging activity assay, ethanolic garlic and onion extracts showed the great antioxidant capacity at 52.28% and 54.57%.

Keywords: total phenolics, ethanolic extracts, water extracts, DPPH

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ที่สกัดด้วยน้ำ และ 95%เอทานอล พบว่า %yield ของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล มีปริมาณเท่ากับ 30.00%, 59.19% และ 21.17%, 55.27% ตามลำดับ และพบว่าสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ที่สกัดด้วยเอทานอล มีฟีนอลิคทั้งหมด ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-ciocalteau phenol สูงสุดเท่ากับ 1.34 และ 2.12g GAE/100g DW ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity พบว่าสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ที่สกัดด้วยเอทานอลมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงเท่ากับ 52.28% และ 54.57%

คำสำคัญ: ฟีนอลิคทั้งหมด สารสกัดด้วยเอทานอล สารสกัดด้วยน้ำ DPPH

คำนำ

อนุมูลอิสระ (free radical) เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดภาวการณ์แก่ชราและโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดตีบหรือแข็งตัว โรคสมองเสื่อม โรคไขข้อเสื่อม โรคมะเร็ง (Cornish และ Garbary, 2010) รวมถึงการเหม็นหืนของอาหาร ซึ่งในปัจจุบันผู้บริโภคมีความสนใจทางด้านสุขภาพและความปลอดภัยของอาหารมากขึ้น จึงใช้สารจากธรรมชาติ เช่น สารสกัดจากผักและผลไม้ชนิดต่างๆ รวมถึงสารสกัดจากพืชสมุนไพรและเครื่องเทศมาทดแทนการใช้สารสังเคราะห์ เช่น BHT, BHA, Propyl gallate (Queiroz และคณะ, 2009; Wangcharoen และ Morasuk, 2009) ในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งสารสกัดจากพืชที่มีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีและนิยมบริโภค คือสารสกัดจากกระเทียมและหอมหัวใหญ่ (Park และ Chin, 2010; Chun และคณะ, 2013) โดยสารสำคัญที่พบมากในกระเทียมและหอมหัวใหญ่ คือสาร quercetin (Lanzotti, 2006) เป็นสารฟีนอลิคในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีหมู่ OH (hydroxyl) ของโครงสร้างของ benzene ring สามารถให้อิเล็กตรอนกับอนุมูลอิสระได้ (Othman และคณะ, 2011) งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบสารสกัดจากกระเทียมและหอมหัวใหญ่ด้วยน้ำและเอทานอลเพื่อนำมาต้านอนุมูลอิสระใช้ทดแทนสารสังเคราะห์ และประยุกต์ใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารสกัด

สกัดตัวอย่างกระเทียมและหอมหัวใหญ่ด้วยวิธี Solvent extraction ใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิดคือ น้ำกลั่น (สกัดที่อุณหภูมิ 60°C นาน 1 ชั่วโมง) และเอทธานอล 95% (สกัดที่อุณหภูมิห้องนาน 12 ชั่วโมง) กรองเอากากออกด้วยผ้าไนลอนขนาด 180 ไมโครเมตรและนำไปประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator จนได้สารอยู่ในรูป concrete

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150
[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi 49 Teintalay 25 Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok 10150

วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics) ด้วยวิธี Folin ciocalteu reagent ตามวิธีของ Singleton และ Rossi, 1965 โดยใช้สารสกัด 3.3 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 496.7 ไมโครลิตร เติม 10%Folin ciocalteu phenol 2.5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 8 นาที เติมสารละลาย Sodium carbonate มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้นาน 30 นาทีในที่มืด วัดค่าดูดกลืนแสงเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 765 nm และคำนวณเทียบกับกราฟสารมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid)

วิเคราะห์ฤทธิ์การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ฤทธิ์การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Radical scavenging activity) วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity assay โดยใช้สารสกัด 10 ไมโครลิตรในน้ำกลั่น 990 ไมโครลิตร เติมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 30 นาทีในที่มืด วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 517 nm (Blois, 1958)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ด้วยน้ำ และ 95%เอทานอล พบว่า %yield ของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล มีปริมาณเท่ากับ 30.00%, 59.19% และ 21.17%, 55.27% ตามลำดับ (Figure 1) ซึ่งการสกัดพืชทั้ง 2 ชนิดด้วยน้ำให้ %yield มากกว่าการสกัดด้วยเอทานอล ซึ่งตัวทำละลายที่ต่างกันทำให้ได้ %yield ที่ต่างกัน เนื่องมาจากสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ที่สกัดด้วยน้ำสามารถดึงสารส่วนที่เป็น hydrophilic ที่มีมากในกระเทียมและหอมหัวใหญ่ เช่น S-allylcysteine (SAC), Sallylmercaptocysteine (SAMC), quercetin เป็นต้น ได้ดีกว่าการสกัดด้วยเอทานอลที่มีทั้งส่วนที่เป็น hydrophilic และ hydrophobic ทำให้ได้ปริมาณ %yield ที่สูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอล (Amagase และคณะ, 2001; Gupta และ Porter, 2001; Makris และ Rossiter, 2001; Lanzotti, 2006; Tang และ Cronin, 2007) เมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดพบว่าสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ที่สกัดด้วย 95%เอทานอลมีปริมาณฟีนอลิคสูงสุดเท่ากับ 1.34 และ 2.12g GAE/ 100g DW ตามลำดับ (Figure 2) จากนั้นวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ที่สกัดด้วยเอทานอลมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด มีค่าเท่ากับ 52.28% และ 54.57% (Figure 3) ซึ่งผลของค่าการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมีความสอดคล้องกับค่าฟีนอลิคทั้งหมดคือสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วย 95%เอทานอลมีค่าสูงสุด เนื่องจากสารสำคัญในหอมหัวใหญ่สามารถละลายได้ดีในเอทานอล ทำให้สกัดสาร quercetin ที่เป็นสารหลักที่สำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสารชนิดนี้อยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิค โดยมีหมู่ OH (hydroxyl) ในโครงสร้างจำนวนมาก จึงสามารถให้อิเล็กตรอนกับอนุมูลอิสระ ทำให้อิเล็กตรอนมีความเสถียรขึ้น (Kristinova และคณะ, 2009)

สรุปผล

สารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ที่สกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (NRU) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

Amagase, H., Petesch, B.L., Matsuura, H., Kasuga, S. and Itakura, Y., 2001, Intake of Garlic and Its Bioactive Components, The Journal of Nutrition, 131: 955-962.

Blois, M.S., 1958, Antioxidant Determination by the Use of a Stable Free Radical, Nature, 181: 1199-1200.

Chun, L.Y., Hui, D.D. and Lian, W.H., 2013, Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Essential Oil from Onion (*Allium cepa* L.), Food Control, 30: 48-53.

Cornish, M.L. and Garbary, D.J., 2010, Antioxidant from Microalgae: Potential Application in Human Health and Nutrition, Free Radical Biology and Medicine, 25: 155-171.

Gupta, N. and Porter, T.D., 2001, Garlic and Garlic-derived Compounds Inhibit Human Squalene Monooxygenase, Journal of Nutrition, 131: 1662-1667.

Kristinova, V., Mozuraityte, R., Storro, I. and Rustad, T., 2009, Antioxidant Activity of Phenolic Acids in Lipid Oxidation Catalyzed by Different Prooxidants, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 10377-10385.

Lanzotti, V., 2006, The Analysis of Onion and Garlic: A review, Journal of Chromatography A, 1112: 3–22.

Makris, D.P. and Rossiter, J.T., 2001, Domestic Processing of Onion Bulbs (*Allium cepa*) and Asparagus Spears (*Asparagus officinalis*): Effect on Flavonol Content and Antioxidant Status, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 3216-3222.

Othman, S.F.C., Idid, S.Z., Koya, M.S., Rehan, A.M. and Kamarudin, K.R., 2011, Antioxidant Study of Garlic and Red Onion: A Comparative Study, Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science, 34(2): 253–261.

Park, S.Y. and Chin, K.B., 2010, Evaluation of Antioxidant Activities of Ethanol Extracted Garlic and Onion as Affected by Pre-heating for the Application of Meat Products Korean journal of food Science Animal and Biotechnology Research, 30(4): 641-648.

Prakase, D., Singh, B.N. and Upadhyay, G., 2006, Antioxidant and Free Radical Scavenging Activities of Phenols from Onion (*Allium cepa*), Journal of Food Chemistry, 102: 1389-1393.

Queiroz, Y.S., Ishimoto, E.Y., Bastos, D.H.M., Sampaio, G.R. and Elizabeth, A.F.S., 2009, Garlic (*Allium sativum* L.) and Ready-to-eat Garlic Products In vitro Antioxidant Activity, Journey of Food Chemistry, 115: 371–374.

Singleton, V.L. and Rossi, J.R., 1965, Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-phosphotungestic Acid Reagent, American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-158.

Tang, X. and Cronin, D.A., 2007, The Effects of Brined Onion Extracts on Lipid Oxidation and Sensory Quality in Refrigerated Cooked Turkey Breast Rolls During Storage, Journal of Food Chemistry, 100: 712-718.

Wangcharoen, W. and Morasuk, W., 2009, Effect of Heat Treatment on the Antioxidant Capacity of Garlic, International journal of Science and Technology, 3(01): 60-70.

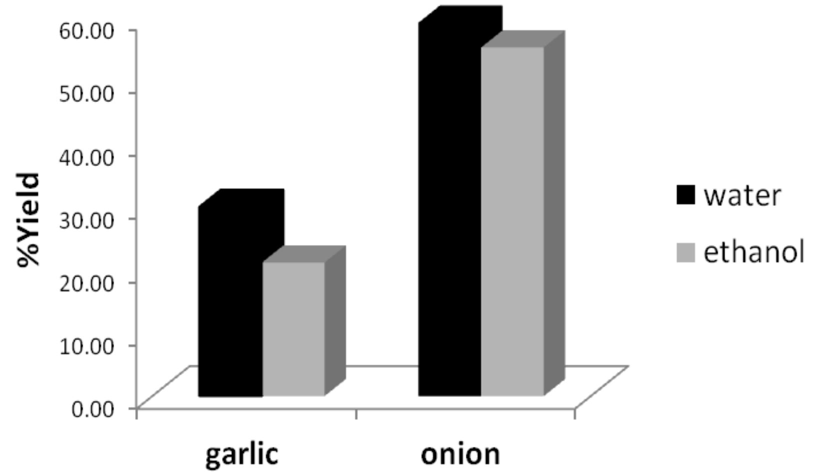


Figure 1 %yield of garlic and onion extracted with water and 95%ethanol

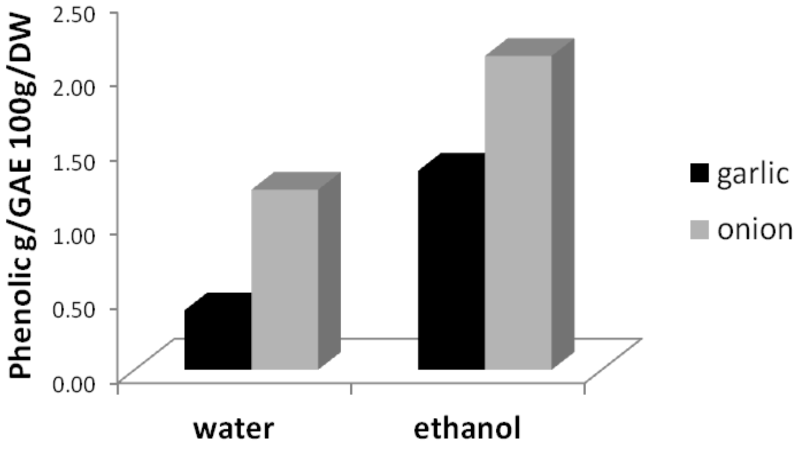


Figure 2 Total phenolics of garlic and onion extracted with water and 95%ethanol

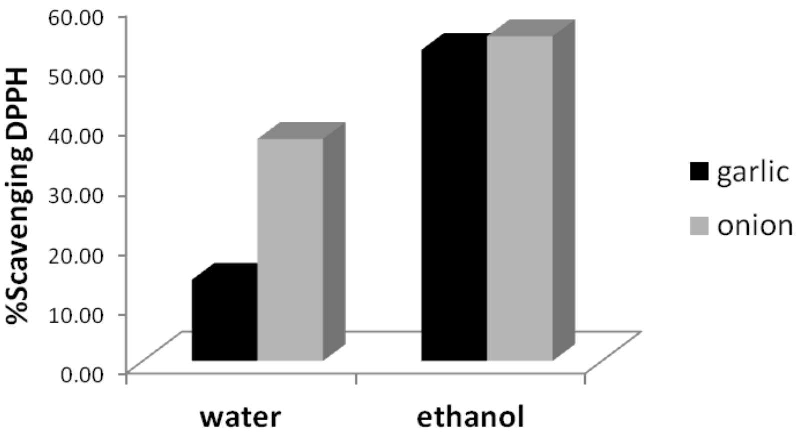


Figure 3 %Scavenging DPPH of garlic and onion extracted with water and 95%ethanol

อิทธิพลของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำ

Effect of Riceberry Flour on Physico-chemical and Sensory Properties of Low Fat Ice Cream

นรินทร์ภพ ช่วยการ[1] ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[2] อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[3] ฉัตรภา หัตถโกศล[1] และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล[1]

Chuaykarn, N.[1], Laohakunjit, N.[2], Suttisansanee, U.[3], Hudthagosol, C.[1] and Somboonpanyakul, P.[1]

Abstract

The objectives of this research were to study the effect of riceberry flour (RF) on physico-chemical and sensory properties of low fat ice cream. The moisture, protein, fat, ash, crude fiber and carbohydrate contents of RF were 11.53, 8.32, 1.40, 1.45, 1.95 and 75.35 g/100g, respectively. The total phenolic content and antioxidant activities of RF by ORAC and FRAP assay were 1.49 mgGAE/ g, 73.62 and 7.03 µmol TE/ g, respectively. The three different levels of RF at 3, 5, and 7% were added in an ice cream and the coconut milk levels was decreased to 50, 36.7 and 23.4% (w/w), respectively. The apparent viscosity significantly increased with increasing of RF in an ice cream mix ($p<0.05$). Increasing of RF resulted in decreasing an overrun, fat destabilization L* and h^o values ($p\leq0.05$) but increasing the hardness and a* ($p\leq0.05$) of ice cream. The melting rate of ice cream with 3% RF was lowest ($p\leq0.05$). The sensory evaluation results including sweetness and meltdown showed that the ice cream with different levels of RF were not significantly difference ($p>0.05$). Ice cream with 5% RF had just-about-right score of purple, rice flavor, firmness and highest score of overall acceptability. In addition, the total phenolic content and antioxidant activities by ORAC and FRAP assay of ice cream with 5% RF were 0.66 mgGAE/g, 8.67 and 1.15 µmol TE/g, respectively.

Keywords: riceberry flour, low fat ice cream, antioxidant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการเติมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry flour, RF) ในไอศกรีมไขมันต่ำ RF มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบและคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 11.53, 8.32, 1.40, 1.45, 1.95 และ 75.35 ตามลำดับ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด TPC เท่ากับ 1.49 mgGAE/ g และมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดโดยวิธี ORAC และ FRAP เท่ากับ 73.62 และ 7.03 µmol TE/g การเติม RF ในไอศกรีม แปรปริมาณ RF เป็นร้อยละ 3, 5 และ 7 และลดปริมาณกะทิลงเป็นร้อยละ 50, 36.7 และ 23.4 (w/w) ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณ RF เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความหนืดปรากฏของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมเพิ่มขึ้น ($P\leq0.05$) ในขณะที่ค่าการขึ้นฟู ค่าการสูญเสียสภาพของไขมัน ค่า L* และ ค่า h^o ของไอศกรีมลดลง ($p\leq0.05$) นอกจากนี้ ความแน่นแข็ง และค่า a*ของไอศกรีม มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ($p\leq0.05$) ส่วนอัตราการละลายของไอศกรีมที่มีปริมาณ RF ร้อยละ 3 มีค่าต่ำสุด ($p\leq0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าไอศกรีมที่ใช้ปริมาณ RF ที่แตกต่างกันมีคะแนน ความหวาน และ การละลายในปาก ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ในขณะที่ไอศกรีมที่ใช้ RF ร้อยละ 5 มีคะแนนของสีม่วง กลิ่นรสข้าว ความแน่นเนื้อพอดี (just-about-right) และได้คะแนนการยอมรับรวมสูงสุด เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของไอศกรีมสูตรนี้โดยวิธี ORAC และ FRAP เท่ากับ 0.66 mgGAE/g, 8.67 และ 1.15 µmol TE/g ตามลำดับ

คำสำคัญ: แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ไอศกรีมไขมันต่ำ สารต้านอนุมูลอิสระ

[1] คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล, 420/1 ถ.ราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพ 10400

[1] Faculty of Public Health, Mahidol University, 420/1 Ratchawithi Rd., Ratchathewi District, Bangkok 10400

[2] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49 ซอยเทียนทะเล 25แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49 Tientalay25 Rd., Thakam, Bangkhuntein, Bangkok 10150

[3] สถาบันโภชนาการ, มหาวิทยาลัยมหิดล, 999 พุทธมณฑลสาย 4 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

[3] Institute of Nutrition, Mahidol University, 999 Phuttamonthon sai 4., Tambon Salaya, Amphur Phuttamonton, Nakhon Pathom 73170

คำนำ

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็งที่คนไทยนิยมบริโภค ไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันปกติ (ร้อยละ 10-12) เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี มีความเรียบเนียน และนุ่มลิ้น มากกว่าไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่าซึ่งจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่หยาบกว่า (Marshall และ Arbuckle, 1996) อย่างไรก็ตามถ้าผู้บริโภคได้รับไขมันในปริมาณมากเกินไปอาจส่งผลก่อให้เกิดโรคอ้วน โรคเบาหวาน ไขมันในเลือดสูง และโรคเรื้อรังต่าง ๆ ทำให้ปัจจุบันผู้บริโภคนิยมหันมาใส่ใจในอาหารเพื่อสุขภาพมากยิ่งขึ้น แต่การลดไขมันในไอศกรีมส่งผลเสียต่อลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น เนื้อสัมผัสหยาบขึ้น กลิ่นรสด้อยลง ทำให้การยอมรับจากผู้บริโภคน้อยลงด้วย เพราะฉะนั้นการใช้แป้งข้าวจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการนำมาใช้ในไอศกรีมไขมันต่ำ เพื่อปรับปรุงลักษณะทางประสาทสัมผัส เช่น ความนุ่มลิ้น ความเรียบเนียน ซึ่งอาจทำให้ผู้บริโภคมีแนวโน้มยอมรับไอศกรีมไขมันต่ำมากขึ้นหรือใกล้เคียงกับไอศกรีมที่มีไขมันปกติได้ (Cody และคณะ, 2007) ดังนั้นในงานวิจัยดังกล่าวนี้จึงนำแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มาใช้ เนื่องจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีกลิ่นหอมและอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น แอนโธไซยานิน วิตามินอี และ แกมม่าโอไรซานอล เป็นต้น (พรรัตน์ และ ชนนิกานต์, 2551) โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพและประสาทสัมผัสในไอศกรีมไขมันต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากบริษัท ไชโยเอเอ จำกัด บดด้วยเครื่องบดละเอียด (M20, IKA, Germany) ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 80 เมช บรรจุในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry flour, RF) ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใยหยาบ (AOAC, 2005) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 100 – (ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เส้นใยหยาบ) สกัด RF ด้วยเอทธานอล 80% ในอัตราส่วน 1:10 (w/v) นำไปตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content, TPC) โดยวิธี Folin-ciocalteu (Amarowicz และคณะ, 2004) ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี (Oxygen radical absorbance capacity, ORAC) (Ou และคณะ, 2001) และ (Ferric reducing antioxidant power, FRAP) (Benzie และ Strain, 1996)

ศึกษาอิทธิพลของ RF โดยแปรปริมาณ RF เป็นร้อยละ 3, 5 และ 7 แล้วลดสัดส่วนของปริมาณกะทิ (UHT ตราชาวเกาะ) เป็นร้อยละ 50, 36.7 และ 23.4 ตามลำดับ โดยให้ส่วนผสมอื่นคงที่ คือ น้ำตาลทรายร้อยละ 10.5, สารให้ความคงตัว และสารอิมัลซิไฟเออร์ (EXCELAIS 611®) ร้อยละ 0.4, น้ำตาลเด็กโทรสร้อยละ 1.5, เกลือ ร้อยละ 0.1 และ ส่วนผสมที่เหลือเป็นน้ำ จากนั้นละลายส่วนผสมที่เป็นของแห้งทั้งหมดในน้ำ เติมกะทิลงไปผสมให้เข้ากัน พาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 30 วินาที ปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม (BUO-127799T, BUONO, Taiwan) ด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 1 นาที และบ่มส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม (Ice Cream Mix, ICM) ที่อุณหภูมิ 4±1°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นตรวจสอบสมบัติทางเคมี-กายภาพ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และ ความหนืดด้วยเครื่อง Rheometer (Haake Mars III, Thermo Fisher Scientific Inc., Germany) หลังปั่นแข็งไอศกรีมในเครื่องปั่นไอศกรีม (Gelatissimo, Nemox, Italy) ตรวจสอบการขึ้นฟู และร้อยละการสูญเสียสภาพของไขมัน นำไอศกรีมที่ปั่นแข็งแล้วแช่เยือกแข็งไว้ที่อุณหภูมิ –25°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปตรวจสอบอัตราการละลาย, ค่าความแข็งด้วยเครื่อง Texture analyzer (TA Plus, LLOYD Instrument Ltd, UK) ค่าสี L* a* b* และ hue angle (h°) ด้วยเครื่อง colormeter (Miniscan EZ, Hunter Associates Laboratory Inc., USA) แล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สีม่วง กลิ่นรสข้าว ความหวาน ความแน่นเนื้อ ด้วยวิธี 5 point just-about-right scale และ ความเรียบเนียน การละลายในปาก และการยอมรับรวมด้วยวิธี 5 point scoring test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพ และ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized completely block design) สำหรับการประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 5 point just-about-right scale เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ one sample t-test ส่วน 5 point scoring test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 16.0 นำไอศกรีมข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสดีที่สุด ไปวิเคราะห์ค่า TPC, ORAC และ FRAP

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จาก Table 1 จะเห็นได้ว่า RF มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 11.53 8.32 1.40 1.45 1.95 และ 75.35 ตามลำดับ จากการศึกษาของ ณัฐธยา (2554) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของข้าวหอมนิลซึ่งเป็นข้าวสายพันธุ์แม่ของ RF มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 10.88 10.37 4.04 2.05

4.02 และ 68.64 ตามลำดับ ปริมาณความชื้นและเถ้าของ RF และข้าวหอมนิล ใกล้เคียงกัน แต่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเส้นใยหยาบของข้าวหอมนิล สูงกว่า RF จาก Table 2 แสดงประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของ RF พบว่ามีค่า TPC เท่ากับ 1.49 mg GAE/ g, ค่า ORAC และ FRAP เท่ากับ 73.62 และ 7.03 µmol TE/ g (โดยน้ำหนักเปียก) พรรัตน์ และ ชนนิกานต์ (2551) รายงานว่า RF มีค่า TPC เท่ากับ 1.99 mg GAE/ g, ค่า ORAC และ FRAP เท่ากับ 39.05 และ 13.53 µmol TE/ g จึงพบว่าเฉพาะค่า TPC เท่านั้นที่ใกล้เคียงกัน จาก Table 3 และ 4 พบว่าการใช้ RF ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อค่า pH ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Marshall และ Arbuckle (1996) พบว่าไอศกรีมโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 6.3 แต่มีผลให้ความหนืดของ ICM เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนกับ RF ที่ละลายในน้ำ ทำให้เม็ดแป้งเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยพองตัว อุ้มน้ำ และเกิดโครงสร้างเจล (Surapat และ Rugthavon, 2003) และเมื่อนำไปปั่นเยือกแข็ง ไอศกรีมที่ใช้ RF ร้อยละ 7 มีร้อยละการขึ้นฟูต่ำสุด ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นผลมาจากความหนืดที่สูงขึ้น ทำให้เกิดแรงต้านการตีปั่น จึงไปขัดขวางการเติมอากาศส่งผลให้ไอศกรีมมีค่าความแน่นแข็งสูงสุด นอกจากนี้การลดปริมาณกะทิลงทำให้เกิดการรวมตัวกันบางส่วนของเม็ดไขมันได้น้อยลง ส่งผลให้ร้อยละการสูญเสียสภาพของไขมันน้อยลง ส่วนไอศกรีมที่ใช้ RF ร้อยละ 3 มีอัตราการละลายต่ำสุด ($p \leq 0.05$) เป็นผลมาจากค่าร้อยละการขึ้นฟูสูงสุด ทำให้มีปริมาณเซลล์อากาศแทรกตัวอยู่ในเนื้อไอศกรีมได้มากซึ่งเซลล์อากาศเป็นฉนวนป้องกันการส่งผ่านความร้อน (Sofjan และ Hartel, 2004) นอกจากนี้การเติม RF ในปริมาณเพิ่มขึ้นยังส่งผลให้ค่า L*, h^{O} ลดลง แต่ a* เพิ่มมากขึ้น ($p \leq 0.05$) เนื่องจากรงควัตถุของข้าวหรือปริมาณแอนโธไซยานินที่มีสีแดงและม่วงละลายในน้ำได้ดี (Abdel-Aal และคณะ, 2006) เมื่อละลายในไอศกรีมส่งผลให้ไอศกรีมมีสีม่วงเข้มขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อค่า b* จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Table 5) พบว่าการเพิ่มปริมาณ RF ทำให้คะแนนของสีม่วง การรับรู้กลิ่นรสข้าว และความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น อีกทั้งช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้เรียบเนียนมากขึ้น จึงส่งผลให้คะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดในสูตรที่เติมด้วย RF ร้อยละ 5 แต่ไม่ต่างจากสูตรที่เติมด้วย RF ร้อยละ 7 แต่การที่ไอศกรีมมีความแน่นเนื้อ และมีกลิ่นรสของข้าวที่มากเกินไปมีแนวโน้มทำให้ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์น้อยลง ทั้งนี้คะแนนของความหวานและการละลายในปากของไอศกรีมทุกสูตรไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อนำไอศกรีมที่มีปริมาณ RF ร้อยละ 5 ไปวิเคราะห์ TPC พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.66 mgGAE/ g, ค่า ORAC และ FRAP เท่ากับ 8.67 และ 1.15 µmol TE/ g ตามลำดับ (Table 2)

สรุปผล

ไอศกรีมที่ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 5 มีคะแนนการยอมรับพอดีของสีม่วง กลิ่นรสข้าว และความแน่นเนื้อ นอกจากนี้ยังมีคะแนนการยอมรับรวมสูงสุด ดังนั้นการนำแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มาเติมในไอศกรีมนั้นนอกจากจะทำให้ผู้บริโภคได้รับปริมาณไขมันที่น้อยลงแล้ว ยังทำให้ได้รับสารต้านอนุมูลอิสระและสารสำคัญอื่นๆ ที่มีประโยชน์แก่ร่างกายเพิ่มขึ้นด้วย

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัท อายุร จำกัด ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย “ทุน สกว.– อุตสาหกรรม”

เอกสารอ้างอิง

ณัฐธยา สง่า, 2554, ผลของสภาวะการทำแห้งต่อคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มข้าวสีน้ำตาล, สีแดง และสีดำ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

พรรัตน์ สินชัยพานิช และ ชนนิกานต์ ชะมด, 2551, การพัฒนากระบวนการผลิตแป้งข้าวกล้องเพื่อรักษาคุณค่าทางโภชนาการและเพิ่มความเสถียรต่อการเก็บรักษา [สืบค้น], http// www.inmu.mahidol.ac.th/download.php?f=rice-process_Thai.pdf [9/August/13]

Abdel-Aal, E-SM., Young, J.C. and Rabalski, I., 2006, Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 4696-4704.

Amarowicz, R., Pegg, R.B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B. and Weil, J.A., 2004, Free-radical Scavenging Capacity and Antioxidant Activity of Selected Plant Species from the Canadian Prairies, Food Chemistry, 84: 551-62.

AOAC, 2005, Official Methods of Analysis, 18th edition. Association of Official Chemists International. Gaithersburg, Maryland.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay, Analytical Biochemistry, 239: 70-76.

Cody, T.L., Olabi, A., Pettingell, A.G., Tong, P.S. and Walker, J.H., 2007, Evaluation of Rice Flour for use in Vanilla Ice Cream, Journal of Dairy Science, 90: 4575–4585.

Ou, B., Hampsch-Woodill, H. and Prior, R.L., 2001, Development and Validation of an Improved Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay Using Fluorescein as the Fluorescent Probe, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 4619-4626.

Marshall, R.T. and Arbuckle, W.S., 1996, Ice Cream, 5th edition., Chapman and Hall, New York, 349p.

Sofjan, R.P. and Hartel, R.W., 2004, Effects of Overrun on Structural and Physical Characteristics of Ice Cream, International Dairy Journal, 14(3): 255-262.

Surapat, S. and Rugthavon, P., 2003, Use of Modified Starch as Fat Replacer in Reduced Fat Coconut Milk Ice Cream, Kasetsart Journal, 37(4): 484–492.

Table 1 Proximate composition of riceberry flour (g/100 g)

Content	Riceberry flour
Moisture (%)	11.53±0.05
Protein (%)	8.32±0.16
Fat (%)	1.40±0.05
Ash (%)	1.45±0.04
Crude fiber (%)	1.95±0.04
Carbohydrate (%)	75.35±0.33

Table 2 Total phenolic content (TPC) and antioxidant activities of riceberry flour (RF) and ice cream with 5% RF

Content	Riceberry flour	Ice cream with 5 % RF
TPC (mgGAE/g)	1.49±0.03	0.66±0.05
ORAC[1] (μmol TE/g)	73.62±6.75	8.67±0.46
FRAP[2] (μmol TE/g)	7.03±0.13	1.15±0.05

[1] Oxygen radical absorbance capacity.
[2] Ferric reducing antioxidant power.

Table 3 Physico-chemical properties of ice cream mix and ice cream with different riceberry flour (RF) levels

Treatment	pH	Overrun (%)	Melting rate (g/min)	Hardness (g)	Fat destabilization (%)
3% RF	6.24±0.01	36.44±0.45[a]	0.25±0.01[c]	5542.23±482.94[c]	13.69± 0.71[a]
5% RF	6.24±0.01	34.20±0.40[b]	1.55±0.07[a]	9828.90±821.77[b]	12.46±0.21[a]
7% RF	6.24±0.00	30.32±0.38[c]	1.34±0.01[b]	14744.23±821.87[a]	4.16±0.13[b]

[a,b,c]Mean follows by a difference letter within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 4 Physical properties of ice cream mix and ice cream with different riceberry flour (RF) levels

Treatment	Apparent viscosity[1] (Pa s)	Color			
		L* (lightness)	a* (redness)	b* (yellowness)	h° (hue angle)
3 % RF	0.21±0.01[c]	72.06±0.76[a]	6.11±0.05[c]	5.32±0.17	40.32±0.50[a]
5 % RF	0.47±0.02[b]	68.16±0.05[b]	6.95±0.14[b]	5.37±0.13	37.44±0.04[b]
7 % RF	0.62±0.01[a]	60.66±0.04[c]	8.04±0.03[a]	5.28±0.13	33.63±0.07[c]

[a,b,c] Mean follows by a difference letter within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$)
[1] Apparent viscosity of ice cream mix was measured with shear rate of 50 S^{-1} at 4°C.

Table 5 Sensory attribute scores of the ice cream with different riceberry flour (RF) levels

Attributes	Ice cream with different riceberry flour levels		
	3 % RF	5 % RF	7 % RF
Purple[1]	1.87±0.35*	2.90±0.31	3.83±0.65*
Rice flavor[1]	2.30±0.60*	3.13±0.51	4.30±0.65*
Sweetness[1]	2.86±0.43	3.03±0.61	2.93±0.69
Firmness[1]	2.83±0.38*	3.10±0.31	3.70±0.53*
Smoothness[2]	2.83±0.83[b]	3.60±0.81[a]	3.70±0.99[a]
Meltdown[3]	3.43±0.50[ab]	3.73±0.69[a]	3.61±0.86[ab]
Overall acceptability[4]	3.03±0.72[b]	3.80±0.71[a]	3.57±0.68[a]

[a,b,c] Mean follows by a difference letter within the same row are significantly different ($p \leq 0.05$) * Significant difference from the score of 3 (just-about-right score) ($p \leq 0.05$) [1]Five-point just-about-right scale (5 = too much, 3 = just-about-right, 1 = too few) [2]Five-point scoring test (5 = too smooth, 1 = least smooth), [3]Five-point scoring test (5 = too meltdown, 1 = least meltdown) [4]Five-point scoring test (5 = most acceptable, 1 = least acceptable)

ลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาผสมเห็ด

Textural Profile of Fish Ball Mixed with Mushroom

คณิตนันท์ เอซัน[1] จุฑามาศ ศิลปภักดี[1] ไอริณ เจริญสุข[1] และ เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์[1]

A-sun, K.[1], Sillapapakdee, J.[1], Charoensuk, I.[1] and Thumthanaruk, B.[1]

Abstract

The objective of this study was to investigate the texture profile of fish ball mixed with mushroom. Two species of mushroom, Golden needle or Enokitake (*Flammulina velutipes)* and Sarjor-caju mushroom (*Pleurotus sajor-caju*), three ratio of minced Rohu fish: tapioca starch (90:10, 80: 20 and 70:30) and three ratio of minced fish: mushroom (90:10, 80:20 and 70:30) were studied. The texture analysis of fish ball mixed with different mushroom species gave different hardness. The increased mushroom content of fish ball changed all texture attributes (hardness, fracturability, adhesiveness, springiness and cohesiveness).

Keywords: fish ball, Golden needle mushroom, Sarjor-caju mushroom

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาผสมเห็ด โดยศึกษาเห็ด 2 ชนิดคือ เห็ดเข็มทอง และเห็ดนางฟ้า ในการผลิตลูกชิ้นปลาแปรอัตราส่วนเนื้อปลายี่สกบด : แป้งมันสำปะหลัง (90:10, 80:20 และ 70:30) และศึกษาอัตราส่วนเนื้อปลาบด : เห็ด (90:10, 80:20, 70:30) ผลวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาผสมเห็ดเข็มทองมีค่าความแข็งสูงกว่าลูกชิ้นปลาผสมเห็ดนางฟ้า การทดแทนปริมาณเห็ดในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงผลวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อสัมผัสในด้านความแข็ง การแตกหัก ความสามารถในการเกาะติดผิววัสดุ ความยืดหยุ่น และความสามารถเกาะรวมตัวกัน)

คำสำคัญ: ลูกชิ้นปลา เห็ดเข็มทอง เห็ดนางฟ้า ลักษณะเนื้อสัมผัส

บทนำ

อาหารกลุ่มลูกชิ้นเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมมาก มีการบริโภคอย่างแพร่หลาย คุณค่าทางอาหารส่วนมากจะเป็นโปรตีนจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ทำลูกชิ้น โดยสุภางค์ (2552) ใช้เนื้อปลายี่สกทดแทนการใช้เนื้อหมู และเสริมคุณค่าด้วยเห็ดเพื่อเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เห็ดเข็มทอง และเห็ดนางฟ้า มีประโยชน์ และมีสรรพคุณในด้านสุขภาพ ไพรินทร์ (2540) รายงานว่า เห็ดเข็มทองมีวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด เช่น ไบโอติน ไรโบฟลาวิน และสาร polysaccharides ในเห็ดเข็มทองช่วยยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็งได้ จินดามณี และคณะ (2548) รายงานว่าเห็ดนางฟ้าสามารถช่วยลดไขมันในเลือดได้เนื่องจากเส้นใยในเห็ดคอยดูดซับไขมัน งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาผสมเห็ดเข็มทอง และเห็ดนางฟ้าในอัตราส่วนต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตลูกชิ้นปลาดัดแปลงจากงานของพรรณวดี และคณะ (2545) ทำการผลิต 3 สูตรโดยแปรปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่อเนื้อปลายี่สกบดที่ 10:90 20:80 และ 30:70 ทำการเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมจากการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 5 point hedonic scale สำหรับลูกชิ้นปลาผสมเห็ด เตรียมตัวอย่างเห็ดเข็มทองและเห็ดนางฟ้าแห้ง โดยอบเห็ดทั้ง 2 ชนิดที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 30 นาที แล้วผสมเห็ดต่อเนื้อปลาบดที่อัตราส่วน 10:90 20:80 และ 30:70 (w/w) นำมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสด้วย Texture analyzer วิธี TPA และค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระ ของลูกชิ้นปลาและลูกชิ้นปลาเสริม

---

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.พิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Agro-Industrial, Food and Environment Technology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 1518 Piboonsongkram Road, Wongsawang Subdistrict, Bangsue District, Bangkok 10800

เห็ดทั้ง 2 ชนิดนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS version 11 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลายี่สกที่ผสมแป้งมันสำปะหลังทั้ง 3 สูตร พบว่าปริมาณแป้งมันสำปะหลังมากขึ้นส่งผลให้ค่า hardness ลดต่ำลง (Table 1) เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำเมื่อผ่านความร้อนจึงเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งทำให้ดูดซึมน้ำและพองตัวได้มาก (Kasemsuwan และคณะ, 1999) ผลิตภัณฑ์จึงมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ผลการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่าที่อัตราส่วน 20:80 ได้รับการยอมรับด้านความชอบโดยรวมมากที่สุดจึงนำอัตราส่วนนี้มาพัฒนาลูกชิ้นปลาเสริมเห็ด

Table 1 Texture profile of fish ball 3 formulas

Samples	Hardness	Fracturability	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness
10 : 90	9852.98±1623.04[a]	46.76±1.51[a]	-0.37±1.22[a]	0.85±0.02[a]	0.45±0.00[a]
20 : 80	9441.92±282.27[a]	47.45±0.09[a]	-5.73±2.71[b]	0.65±0.02[b]	0.41±0.01[b]
30 : 70	8427.69±568.01[a]	48.46±1.18[a]	-1.49±2.41[b]	0.64±0.05[b]	0.29±0.00[c]

* The mean ± SD of three replicate analyzes

Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาพบว่าการใช้ปลาบดทำให้เกิดลักษณะของเจลได้ดีทำให้โปรตีนสามารถอุ้มน้ำไว้ภายในโครงสร้าง เนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาจึงมีความยืดหยุ่น การทดแทนทั้งชนิดและปริมาณเห็ดต่างกันในลูกชิ้นปลามีผลทำให้ลูกชิ้นปลาที่ผสมเห็ดแต่ละชนิดมีค่า hardness ต่างกัน (Table 2 และ Table 3) เนื่องมาจากปริมาณโปรตีนในเห็ดทั้งสองชนิดต่างกัน และเห็ดประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตที่เป็นพอลีแซคคาไรด์ต่างกันทั้งชนิดและปริมาณ (ไพรินทร์, 2540; จันจิรา, 2545) ซึ่งมีผลต่อการพองตัวของพอลีแซคคาไรด์เมื่อนำมาผสมกับโปรตีนจากเนื้อปลาบด

Table 2 Texture profile of fish ball mixed with Golden mushroom

Samples	Hardness	Fracturability	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness
10 : 90	2049.93±268.71[a]	48.03±0.63[a]	-149.27±19.47[a]	0.36±0.02[a]	0.18±0.02[a]
20 : 80	1786.08±85.05[a]	49.45±0.50[a]	-202.66±26.04[a]	0.44±0.09[a]	0.18±0.01[a]
30 : 70	1097.59±90.43[b]	48.06±1.70[a]	-188.90±18.59[a]	0.39±0.07[a]	0.20±0.01[a]

* The mean ± SD of three replicate analyzes

Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 3 Texture profile of fish ball mixed with Sarjor-caju mushroom

Samples	Hardness	Fracturability	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness
10 : 90	1843.02±162.45[a]	48.47±0.23[a]	-38.79±52.99[a]	0.39±0.07[a]	0.18±0.01[b]
20 : 80	1129.96±162.45[a]	47.73±0.43[a]	-215.88±21.68[b]	0.40±0.07[a]	0.18±0.01[b]
30 : 70	932.15±9.18[b]	43.27±0.81[b]	-272.05±4.12[b]	0.26±0.02[b]	0.18±0.00[b]

* The mean ± SD of three replicate analyzes

Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

คุณสมบัติทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นเห็ดทั้ง 2 สูตรหลังทำให้สุกด้วยการต้ม พบว่าค่า L* มีค่าใกล้เคียงกัน (Table 4 และ Table 5) แต่เมื่อทำการแช่แข็งพบว่าสีของผลิตภัณฑ์โดยรวมมีลักษณะคล้ำขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยา

เมลลาร์ด โดยผลิตภัณฑ์มีองค์ประกอบของโปรตีนและมีการใช้ความร้อนในกระบวนการผลิต ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บ

Table 4 Color of fish ball mixed with Golden mushroom

Samples	L*	a*	b*
10 : 90	46.70±0.00[a]	2.55±0.03[a]	13±0.02[a]
20 : 80	48.73±0.04[b]	2.62±0.03[b]	14.6±0.07[b]
30 : 70	53.37±0.04[c]	2.37±0.00[c]	14.2±0.01[c]

* The mean ± SD of three replicate analyzes

Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 5 Color of fish ball mixed with Sarjor-caju mushroom

Samples	L*	a*	b*
10 : 90	57.75±0.05[a]	2.11±0.02[a]	13.70±0.04[a]
20 : 80	53.77±0.08[b]	1.69±0.04[b]	13.51±0.10[b]
30 : 70	53.94±0.13[c]	1.73±0.02[c]	12.53±0.21[b]

* The mean ± SD of three replicate analyzes

Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีพบว่า ลูกชิ้นปลา และลูกชิ้นปลาที่ผสมเห็ดเข็มทองหรือเห็ดนางฟ้ามีปริมาณไขมัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.5$) แต่พบปริมาณโปรตีนสูงสุดในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาผสมเห็ดเข็มทอง

Table 6 Quality of fish ball and fish ball mixed with mushroom

Samples	% fat	% protein	% ash	% moisture	a_w
Control	1.38±0.12[a]	9.55±1.25[b]	1.30±0.14[a]	73.33±2.00[a]	0.74±0.00[b]
Golden (10 : 90)	1.40±0.25[a]	11.32±0.46[a]	1.35±0.07[a]	76.08±0.14[a]	0.75±0.00[a]
Sarjor-caju (10 : 90)	1.65±0.26[a]	9.034±0.23[b]	1.15±0.07[a]	73.33±2.72[a]	0.76±0.00[a]

* The mean ± SD of three replicate analyzes

Difference letters in the same column indicated significant difference ($p \leq 0.05$)

สรุปผล

ชนิดและปริมาณเห็ดที่ผสมในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลามีผลโดยตรงต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณเห็ดเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการยอมรับของผู้บริโภคกลับมีแนวโน้มลดลง ส่วนสีของผลิตภัณฑ์นั้นมีสีคล้ำจากส่วนประกอบที่เป็นเห็ด

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล และ วันเพ็ญ สีหวงษ์, 2544, การพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่แห้งกึ่งสำเร็จรูปจากเห็ดเศรษฐกิจในประเทศไทย. รายงานวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

จันจิรา อินทร์จันทร์, 2545, การอบแห้งเห็ดนางฟ้าด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโมดุล, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จินดามณี แสงกาญจนวนิช นรินทร บุญพราหมณ์ เปรมวดี ขัตตะโล และ ภัทราพร จุลสาร, 2548, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้ากรอบ, รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ชุติมา ไชยเชาวน์, 2545, ผลของชนิดและปริมาณของแป้งที่ใช้ต่อคุณภาพของลูกชิ้นปลานิล, รายงานวิจัยสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

งามพันธุ์ เตยสันเทียะ และ อรวรรณ สิริพันธ์, 2546, การพัฒนาผลิตภัณฑ์กุนเชียงโดยใช้เห็ดนางฟ้า, รายงานวิจัย สถาบันราชภัฏนครสวรรค์.

สุภางค์ เรืองฉาย, 2552, การพัฒนาและการศึกษาอายุการเก็บรักษาลูกชิ้นหมูผสมเห็ดหอม, วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 3: 84-101.

วิชชุลฎา ถาวโรจน์, 2549, การแปรรูปลูกชิ้นปลาจากปลาทับทิมที่มีการเลี้ยงในกระชังของตำบลกระทูน อำเภอกระทูน จังหวัดนครศรีธรรมราช, โครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

พรรณวดี อภิศุภะโชค สุธาวัลย์ หลงเจริญ และ สุภารัตน์ ธาราสายทอง, 2545, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นจากปลาดุกอุยเทศ, โครงการงานวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นจากปลาดุกอุยเทศ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2545.

ไพรินทร์ กปิลานนท์, 2540, การศึกษาหาปริมาณธาตุอาหารของเห็ดเข็มเงิน (*Flammulina velutipes*) จากถุงก้อนเชื้อขี้เลื่อยที่มีสูตรอาหารที่แตกต่างกัน, รายงานวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Kasemsuwan, T., Jane, J., Chen, Y.Y., Lee, L.F., McPherson, A.E., Wong, K.S. and Radosavljevic, M., 1999, Effects of Amylopectin Branch Chain Lengh and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch, Cereal Chemistry, 76(5): 629-637.

ปริมาณสาร Caffeine และ Catechins ในเมี่ยงจากแหล่งผลิตหลักของประเทศไทย

Contents of Caffeine and Catechins in Miang Produced from Major Sources in Thailand

สายลม สัมพันธ์เวชโสภา[1] พรทิพย์ สุมนพันธุ์[2] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[3]

Sampanvejsobha, S.[1], Sumonpun, P.[2] and Laohakunitand, N.[3]

Abstract

Miang is a fermented tea product, mainly produced in the Northern part of Thailand. This study was to investigate the caffeine and catechins contents in Miang produced from various sources. The results showed that both caffeine and total catechin contents in astringent miang and sour maing were all most the same. However, the contents of catechin derivatives were found to be different, i.e., epigallocatechin gallate (EGCG), epicatechin-3-gallate (ECG), epigallocatechin (EGC), epicatechin (EC), gallocatechin gallate (GCG), catechin-3-gallate (CG), gallocatechin (GC). Sour miang from Teph Sadej, it had the highest content of EGCG (2.71% dry weight). The highest amounts of ECG were in astringent miang produced from Mae Khachan (0.39%DW) and Teph Sadej (0.35%DW), while EGC content was in astringent miang produced from Pang Eiak (0.79%DW). The high content of GCG and CG contents were highest in sour maing from Mae Khachan (0.19 and 0.13%DW). The highest amount of EC content was in sour miang (0.39%DW), while GC content was in astringent miang (1.94%DW) from Pang Ma-Oh. Of these results, the different contents of catechin derivatives in miang could be involved in raw materials such as maturity of leaf tea, and tea cultivar, and miang processing.

Keywords: miang, caffeine, catechins

บทคัดย่อ

เมี่ยงเป็นผลิตภัณฑ์ชาหมักที่นิยมบริโภคในเขตภาคเหนือของประเทศไทย การศึกษานี้จึงศึกษาปริมาณ caffeine และ catechins ในเมี่ยงที่ได้จากแหล่งผลิตต่างๆ พบว่าเมี่ยงฝาดและเมี่ยงส้มมีปริมาณสารคาเฟอีนและคาเทชินทั้งหมดใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณสารอนุพันธ์ของคาเทชินแตกต่างกัน เช่น epigallocatechin gallate (EGCG), epicatechin-3-gallate (ECG), epigallocatechin (EGC), epicatechin (EC), gallocatechin gallate (GCG), catechin-3-gallate (CG), gallocatechin (GC) เมี่ยงส้มเทพเสด็จมีปริมาณ EGCG สูงที่สุด (2.71%น้ำหนักแห้ง) ปริมาณ ECG พบสูงสุดในเมี่ยงฝาดแม่ขะจาน (0.39%DW) และเมี่ยงฝาดเทพเสด็จ (0.35%DW) ขณะที่ฝาดปางเอียกมีปริมาณ EGC สูงสุด (0.79%DW) เมี่ยงส้มแม่ขะจานมีปริมาณสาร GCG (0.19%DW) และ CG (0.13%DW) สูงที่สุด พบว่าเมี่ยงส้มปางมะโอมีปริมาณสาร EC สูงสุด (0.39%DW) และเมี่ยงฝาดปางมะโอมีปริมาณ GC สูงที่สุด (1.94%DW) เมี่ยงส้มและเมี่ยงฝาดจากแหล่งผลิตต่างๆ มีปริมาณสารอนุพันธ์คาเทชินแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากอายุของใบชา พันธุ์ชา และกระบวนการผลิตเมี่ยง

คำสำคัญ: เมี่ยง คาเฟอีน คาเทชิน

คำนำ

เมี่ยงเป็นผลิตภัณฑ์ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย เมี่ยงทำมาจากชาหมักพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* var. *assamica*) สามารถแบ่งเมี่ยงเป็น 2 แบบ คือ เมี่ยงที่ทำจากใบชาอ่อน เรียกว่า “เมี่ยงฝาด” และเมี่ยงที่ทำจากใบชาแก่ เรียกว่า “เมี่ยงส้ม” (สายลม และคณะ, 2551) มีงานวิจัยหลายชิ้นที่แสดงให้เห็นว่าเมี่ยงและผลิตภัณฑ์ชาหมักต่างๆ มีประโยชน์ต่อร่างกาย เนื่องจากเมี่ยงมีคุณสมบัติเป็นสารต้าน antimicrobial มีจุลินทรีย์ชนิด probiotic และมีสาร antioxidants (Okada

[1] **สถาบันการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี** 10150

[1] Learning Institute. King Mongkut's University of Technology Thonburi 10150

[2] **คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง** 10240

[2] Faculty of Science, Ramkhamhang University 10240

[3] **คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี** 10150

[3] Faculty of Bioresources and Technolog, King Mongkut's University of Technology Thonburi 10150

และคณะ, 1986; Klayraung และคณะ, 2008) ประเทศไทยมีการผลิตเมี่ยงในหลายๆ พื้นที่ทางภาคเหนือของประเทศ เช่น เชียงใหม่ น่าน ลำปาง แพร่ เชียงราย และแม่ฮ่องสอน เป็นต้น สาร caffeine และ catechins เป็นสารที่พบได้มากในชา ดังนั้น การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสาร caffeine, catechins และสารอนุพันธ์ของ catechins ในเมี่ยงจาก แหล่งผลิตที่สำคัญของประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เมี่ยง และเพิ่มความนิยมในการบริโภค ผลิตภัณฑ์เมี่ยงเพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างเมี่ยง 11 ตัวอย่าง ประกอบด้วยเมี่ยงฝาดจำนวน 5 ตัวอย่าง และเมี่ยงส้มจำนวน 6 ตัวอย่าง จากแห่ง จำหน่ายในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือ เช่น เชียงราย (แม่ขะจาน) เชียงใหม่ (ปางเอียก, ปางมะโอ, เวียงป่าแป๋, แม่อาย และเทพ เสด็จ) และแพร่ ห่อตัวอย่างด้วยถุงพลาสติก บรรจุกล่องหุ้มฉนวน แช่น้ำแข็ง แล้วส่งไปยังห้องปฏิบัติการด้วยรถขนส่ง นำ ตัวอย่างเมี่ยงมาวิเคราะห์ปริมาณ caffeine, catechins และสารอนุพันธ์ของ catechins คือ epigallocatechin gallate (EGCG), epicatechin-3-gallate (ECG), epigallocatechin (EGC), epicatechin (EC), gallocatechin gallate (GCG), catechin-3-gallate (CG), gallocatechin (GC) โดย High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ใช้คอลัมน์ Agilent eclipse XDB-C18, 5μ ขนาด 4.6X150 mm. detector แบบ photo diode array G1328 ที่ความยาวคลื่น 210 อัตรา การไหลของ mobile-phase คือ 0.5 ml/min สารที่ใช้เป็น mobile-phase คือ (A) acetonitrile ความเข้มข้น 100% และ (B) คือ phosphoric acid 0.1% ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจวัด 20 μl รายงานปริมาณของสารดังกล่าวต่อน้ำหนักแห้ง (%dry weight) วิเคราะห์ตัวอย่าง 3 ซ้ำ

ผลการทดลอง

ในงานทดลองนี้ใช้เมี่ยงฝาดจำนวน 5 ตัวอย่าง และเมี่ยงส้มจำนวน 6 ตัวอย่าง จากแหล่งผลิตเมี่ยงในประเทศไทย มี ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน เมี่ยงฝาดปางเอียก ปางมะโอ และแพร่ มีอายุการหมัก 20, 13 และ 30 วัน ตามลำดับ และเมี่ยง ส้มปางเอียก ปางมะโอ และแพร่ มีอายุการหมัก 4, 3 และ 3 เดือน ตามลำดับ ในขณะที่เมี่ยงฝาดและเมี่ยงส้มจากแห่งผลิตอื่นๆ ไม่ทราบอายุการหมักที่แน่นอน เมื่อนำเมี่ยงทั้ง 11 ตัวอย่างมาวิเคราะห์หามีปริมาณสาร caffeine และ catechins พบว่ามี ปริมาณแตกต่างกัน ดังนี้

1. ปริมาณ caffeine

เมี่ยงมีปริมาณ caffeine อยู่ระหว่าง 0.72–1.43%DW เมี่ยงฝาดและเมี่ยงส้มมีปริมาณ caffeine ระหว่าง 0.72–1.21%DW (เฉลี่ย 0.98%DW) และ 0.75–1.43%DW (เฉลี่ย 1.21%DW) ตามลำดับ โดยในกลุ่มของเมี่ยงฝาด พบว่า เมี่ยงฝาดปางเอียกมี caffeine สูงสุด (1.21%DW) ในขณะที่เมี่ยงส้มปางมะโอมีปริมาณ caffeine (1.42%DW) สูงกว่าเมี่ยงส้ม จากแหล่งผลิตอื่นๆ (Figure 1A)

2. ปริมาณ catechins และสารอนุพันธ์ของ catechins

เมี่ยงมีปริมาณ catechins ทั้งหมดระหว่าง 0.77–5.38%DW กลุ่มเมี่ยงฝาดและเมี่ยงส้มมีปริมาณ catechins ทั้งหมดระหว่าง 1.85–4.00%DW (เฉลี่ย 2.83%DW) และ 0.77–5.38%DW (เฉลี่ย 2.96%DW) ตามลำดับ เมี่ยงฝาดปางเอียก มีปริมาณ catechins ทั้งหมดสูงสุด คือ 4.00%DW ขณะที่เมี่ยงส้มเทพเสด็จ มีปริมาณ catechins ทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 5.38%DW (Figure 1B)

ในเมี่ยงมีปริมาณ EGCG ระหว่าง 0.02–2.71%DW กลุ่มเมี่ยงฝาดมีปริมาณ EGCG ระหว่าง 0.54–1.92%DW (เฉลี่ย 0.89) และกลุ่มเมี่ยงส้มมีปริมาณ EGCG ระหว่าง 0.02–2.71%DW (เฉลี่ย 1.13%DW) พบว่าเมี่ยงฝาดปางเอียกมี ปริมาณ EGCG สูงที่สุด (1.92%DW) ขณะที่กลุ่มเมี่ยงส้มเทพสเด็จ มีปริมาณ EGCG สูงที่สุด (2.71%DW) (Figure 1C)

พบว่าสาร ECG ในเมี่ยงมีปริมาณระหว่าง 0.01–0.39%DW เมี่ยงฝาดและเมี่ยงส้มมีปริมาณ ECG ระหว่าง 0.01–0.13%DW (เฉลี่ย 0.04%DW) และ 0.01–0.39%DW (เฉลี่ย 0.15%DW) ตามลำดับ เมี่ยงฝาดปางเอียกมีปริมาณ ECG สูงที่สุดเท่ากับ 0.13%DW และพบว่าเมี่ยงส้มแม่ขะจานและเมี่ยงส้มเทพเสด็จมีปริมาณ ECG สูงสุดใกล้เคียงกัน คือ 0.39 และ 0.35%DW ตามลำดับ (Figure 1D)

เมี่ยงมีปริมาณ EGC ระหว่าง 0.03–0.79%DW เมี่ยงฝาดและเมี่ยงส้มมีปริมาณ EGC ระหว่าง 0.268–0.791%DW (เฉลี่ย 0.42%DW) และ 0.03–0.53%DW (เฉลี่ย 0.33%DW) ตามลำดับ พบว่าเมี่ยงฝาดปางเอียกและเมี่ยงส้มเทพเสด็จมี ปริมาณ EGC สูงที่สุด เท่ากับ 0.791%DW และ 0.53%DW ตามลำดับ (Figure 1E)

เมี่ยงมีปริมาณ EC ระหว่าง 0.04–0.39%DW กลุ่มเมี่ยงฝาดมีปริมาณ EC ระหว่าง 0.10–0.20%DW (เฉลี่ย 0.14%DW) และเมี่ยงส้มมีปริมาณ EC ระหว่าง 0.04–0.39%DW (เฉลี่ย 0.20%DW) ในกลุ่มของเมี่ยงฝาด พบว่าเมี่ยงฝาดแม่อายมีปริมาณ EC สูงสุด (0.20%DW) ขณะที่เมี่ยงส้มปางมะโอมีปริมาณ EC สูงสุด (0.39%DW) (Figure 1F)

ปริมาณ GCG ในเมี่ยงมีค่าระหว่าง 0.02–0.19%DW โดยเมี่ยงฝาดและเมี่ยงส้มมีปริมาณ GCG ระหว่าง 0.02–0.08%DW (เฉลี่ย 0.04%DW) และ 0.03–0.19%DW (เฉลี่ย 0.12%DW) ตามลำดับ เมี่ยงฝาดที่มีปริมาณ GCG สูงสุด คือ เมี่ยงฝาดแพร่ และเมี่ยงส้มที่มีปริมาณ GCG สูงสุด คือ เมี่ยงส้มแม่ขะจาน (Figure 1G)

ปริมาณ CG ในเมี่ยงมีค่าระหว่าง 0.01–0.13%DW โดยเมี่ยงส้มมีปริมาณ CG สูงกว่าเมี่ยงฝาด โดยเมี่ยงส้มและเมี่ยงฝาดมีปริมาณ CG เท่ากับ 0.02–0.13%DW (เฉลี่ย 0.02%DW) และ 0.01–0.04%DW (เฉลี่ย 0.06%DW) ตามลำดับ พบว่าเมี่ยงฝาดปางเอียก และเมี่ยงส้มแม่ขะจานมีปริมาณ CG สูงกว่าเมี่ยงฝาดและเมี่ยงส้มจากแหล่งผลิตอื่นๆ ตามลำดับ (Figure 1H)

ปริมาณ GC ในเมี่ยงมีค่าระหว่าง 0.627–1.94%DW พบว่ากลุ่มเมี่ยงฝาดมีปริมาณ GC สูงกว่ากลุ่มเมี่ยงส้ม กลุ่มเมี่ยงฝาดมีปริมาณ GC ระหว่าง 0.75–1.94%DW (เฉลี่ย 1.28%DW) ในขณะที่เมี่ยงส้มมีปริมาณ GC ระหว่าง 0.63–1.31%DW (เฉลี่ย 1.07%DW) เมี่ยงฝาดปางมะโอ และเมี่ยงส้มเวียงป่าแป๋ เป็นเมี่ยงที่มีปริมาณ GC สูงที่สุดในกลุ่มเมี่ยงฝาดและเมี่ยงส้ม ตามลำดับ (Figure 1I)

วิจารณ์ผล

เมี่ยงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำใบชาพันธุ์อัสสัมมาหมัก สาร caffeine และ catechis เป็นสารที่พบมากในผลิตภัณฑ์ชา และใบสด (Komes และคณะ, 2009) พบว่า เมี่ยงส้มมีปริมาณ caffeine เฉลี่ยสูงกว่าเมี่ยงฝาดเล็กน้อย โดยพบเมี่ยงส้มปางเอียกมีปริมาณ caffeine สูงกว่าเมี่ยงส้มจากแหล่งผลิตอื่น แต่เมี่ยงส้มปางมะโอ เวียงป่าแป๋ และแม่อาย มีปริมาณ caffeine ใกล้เคียงกัน ในกลุ่มของเมี่ยงฝาด พบว่า เมี่ยงฝาดปางเอียกมีปริมาณ caffeine ต่ำที่สุด ขณะที่เมี่ยงฝาดปางมะโอ เวียงป่าแป๋ เทพเสด็จ แม่ขะจาน และแพร่ มีปริมาณ caffeine สูงใกล้เคียงกัน เมี่ยงจากแหล่งผลิตต่างๆ มีปริมาณ catechins ทั้งหมดแตกต่างกัน โดยเมี่ยงส้มเทพเสด็จ มีปริมาณ catechins ทั้งหมดสูงสุด อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของปริมาณ catechins ทั้งหมด ในเมี่ยงส้ม และเมี่ยงฝาดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าเมี่ยงส้มปางเอียกมีสารอนุพันธ์ของ catechin หลัก คือ GC เป็นสารหลักเพียงสารเดียว เมี่ยงฝาดปางเอียก มีปริมาณสาร EGCG สูงสุด รองมาคือ GC และ EGC ตามลำดับ เมี่ยงฝาดปางมะโอ เมี่ยงฝาดเวียงป่าแป๋ เมี่ยงฝาดแม่อาย เมี่ยงฝาดแพร่ และเมี่ยงส้มเวียงป่าแป๋ เป็นกลุ่มเมี่ยงฝาดและเมี่ยงส้มที่มีปริมาณสาร GC สูงสุดเป็นลำดับแรก และสาร EGCG และ EGC เป็นสารที่พบได้มากรองลงมา ตามลำดับ นอกจากนี้ เมี่ยงส้มปางมะโอ เมี่ยงส้มเทพเสด็จ และเมี่ยงส้มแพร่ มีปริมาณสาร EGCG, GC และ EGC สูงเป็น 3 ลำดับแรกของสารในกลุ่ม catechins และเมี่ยงส้มแม่ขะจานมีปริมาณสาร EGCG สูงสุด รองมา คือ GC และ ECG ตามลำดับ

ความแตกต่างของปริมาณ caffeine และ catechins ในเมี่ยงขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สภาวะแวดล้อมในระหว่างการเจริญเติบโต อายุของใบชา และพันธุ์ชา และกรรมวิธีการผลิตเมี่ยง เช่น ระยะเวลาในการหมักเมี่ยง เป็นต้น (สายลม และคณะ, 2551; Komes และคณะ, 2009)

สรุปผล

ทั้งเมี่ยงฝาดและเมี่ยงส้มมีปริมาณสาร caffeine และ catechins ทั้งหมด เฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่เมี่ยงจากแหล่งผลิตต่างๆมีปริมาณ catechins ทั้งหมด และปริมาณสารอนุพันธ์ของ catechins แตกต่างกัน สารอนุพันธ์ของ catechins หลักที่พบในเมี่ยงฝาดในปริมาณสูง คือ GC, EGCG และ EGC ตามลำดับ ในขณะที่สารอนุพันธ์ของ catechins ที่พบได้มากในเมี่ยงส้มสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่มีสาร EGCG, GC และ EGC สูงเป็น 3 อันดับแรก และกลุ่มที่ 2 คือ เมี่ยงส้มที่มี GC, EGCG และ EGC (หรือ ECG) สูงเป็น 3 อันดับแรก

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) (RDG5320031) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

สายลม สัมพันธ์เวชโสภา ธีรพงธ์ เทพกรณ์ พนม วิญญายอง และ ประภัสสร อิ้งวณิชยพันธ์, 2551, การศึกษาสถานภาพปัจจุบันของชาในประเทศไทย, รายงานกาวิจัย สนับสนุนโดยสำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย

Okada, S., Daengsubha, W., Uchimura, T., Ohara, N. and Kozaki, M., 1986, Flora of Acetic Acid Bacteria in Miang Produced in Northern Thailand, Journal of General and Applied Microbiology, 32(1): 57–65.

Klayraung, S., Viernstein, H., Sirithunyalug, J. and Okonogi, S., 2008, Probiotic Properties of *Lactobacilli* Isolated from Thai Traditional Food, Science Pharm, 76: 485–503.

Komes, D., Horžic, A., Belscak, K., Kovacevic, G. and Baljak, A., 2009, Determination of Caffeine Content in Tea and Mate Tea by Using Different Methods, Czech Journal of Food Sciences, 27: 213–216.

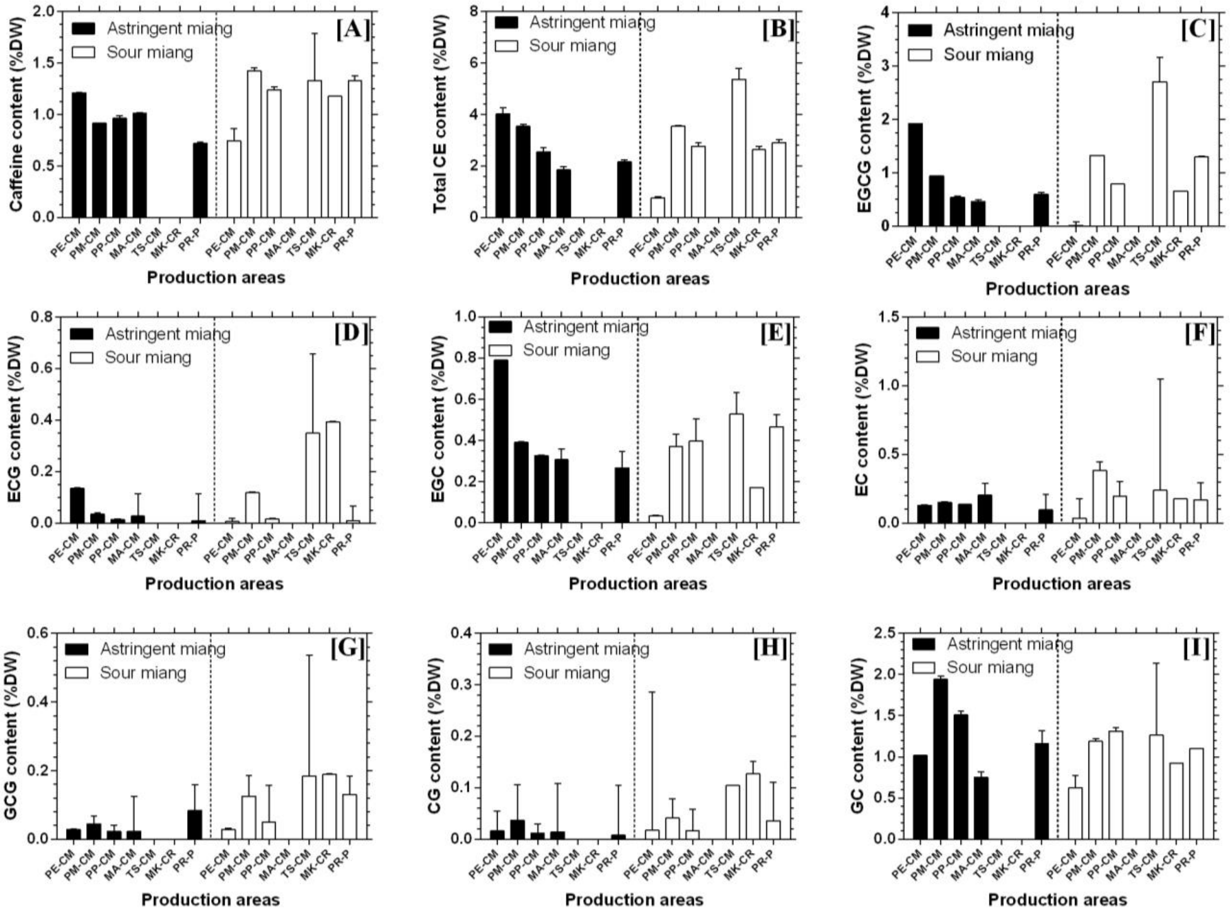


Figure 1 The contents of caffeine (A), total catechine: CE (B), epigallocatechin gallate: EGCG (C), epicatechin-3-gallate: ECG (D), epigallocatechin: EGC (E), epicatechin: EC (F), gallocatechin gallate: GCG (G), catechin-3-gallate: CG (H), gallocatechin: GC (I) in astringent and sour miangs produced in various sources in Thailand. (CM: Chaing Mai, PE: Pang Eiak, PM: Pang Ma-Oh, PP: Veing Pa Pao, MA: Mae Ai, TS: Teph Sadej, CR: Chaing Rai, MK: Mae Khachan, P: Phrae, PR: Phrae city)

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 601-603 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 601-603 (2556)

ผลของน้ำร้อนต่อกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระในสับปะรดระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Hot Water Treatment on Antioxidant Activity in Pineapple Fruit during Cold Storage

Ugyen Dorji[1] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1] เฉลิมชัย วงษ์อารี[1] และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1]

Dorji, U.[1], Jitareerat, P.[1], Wong-Aree, C.[1] and Uthairatanakij, A.[1]

Abstract

Pineapples proneness to chilling injury during cold storage and limiting its marketability is a major concern for export. Hot water treatment has been reported to reduce chilling injury in various commodities. In this research we investigated the response of pineapple fruit cv. Pattavia (*Ananas comosus* L.) at commercial maturity to hot water treatment on the activity of antioxidant and chilling injury. Fruit were dipped into hot water at 35, 50 and 55°C for 5 min, then stored at 13°C at 85% Relative humidity for four weeks. Pineapple fruit dipped in 55°C showed higher ascorbic acid content on day 7, 14 and 21 compared to other treatments and increase in APX activity consistently till the last day of storage. However, in hot water treated fruit at 50°C showed higher total phenolic content and DPPH on day 7 and 14 and lower chilling injury compared to other treatments. During entire storage period at 13˚C for 4 weeks, the DPPH and APX activity tended to increase in all treatments throughout the storage period. Additionally, no significant difference in TSS was observed among treatments.

Keywords: antioxidant, hot water treatment and chilling injury

บทคัดย่อ

สับปะรดมักเกิดอาการสะท้านหนาวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำซึ่งเป็นข้อจำกัดสำหรับการส่งออกสับปะรด การใช้น้ำร้อนสามารถลดอาการสะท้านหนาวได้ในผลิตผลหลายชนิด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจุ่มน้ำร้อนต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวและสารต้านอนุมูลอิสระในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยทำการจุ่มสับปะรดในน้ำร้อนอุณหภูมิ 35, 50 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85% นาน 4 สัปดาห์ จากการทดลองพบว่าสับปะรดจุ่มน้ำร้อน 55 องศาเซลเซียส มีปริมาณวิตามินซี และกิจกรรมเอนไซม์ Ascorbate peroxidase มากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ขณะที่สับปะรดจุ่มน้ำร้อน 50 องศาเซลเซียส มีปริมาณ total phenolic content และ DPPH มากที่สุดในวันที่ 7 และ 14 ของการเก็บรักษา และแสดงอาการสะท้านหนาวน้อยที่สุด และพบว่าปริมาณ DPPH และกิจกรรมเอนไซม์ Ascorbate peroxidase มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ นอกจากนี้สับปะรดทุกทรีตเมนต์มีปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ไม่แตกกันทางสถิติ

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ การจุ่มน้ำร้อนต่อการเกิดอาการสะท้านหนาว

Introduction

Pineapple is the considered as the one of the most important tropical fruit after bananas and citrus in the world (Bartholomew *et al.*, 2003). However, the major problem of pineapple is internal browning or chilling injury during cold storage. It has been reported that fruits and vegetables when exposed to low temperature but above freezing point they undergo physiological disorder, chilling injury (Djioua *et al.,* 2009). Previous studies with hot water dipping of Satsuma mandarins as a pretreatment to maintain postharvest quality during cold storage and marketing were successful (Hong *et al.*, 2007). Mango and citrus fruits pre-storaged with hot water treatment (HWT) reduced significantly the sensitivity of these fruits to chilling injury (Soto-Zamora *et al.*, 2005). At present, very little study has been conducted to see the effects of HWT on the profile of antioxidant activity and the

[1] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถ.บางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntein Rd., Thakham, Bang Khuntein, Bangkok. 10150

changes taking place in pineapple fruit particularly during the cold storage. Therefore, the purpose of this study was to investigate the antioxidant activity taking place during the cold storage and establish whether HWT has positive effect on the alleviation of chilling injury during the cold storage pineapple fruits.

Materials and Methods

Pineapple fruits (*Ananas comosus* L.) Smooth Cayenne cv. Pattavia at commercially mature stage was harvested and selected carefully for uniformity, shape, color, size and any sign of diseases, pest infestation, and mechanical injury. Then fruits were washed by normal tap water and followed by 100 ppm sodium hypochlorite solution to disinfect before treatment. The prepared fruits were immersed in hot water at 35, 50, and 55°C for 5 min. Treated pineapple fruits were then dried in the ambient temperature and stored at 13°C, 85% RH for 4 weeks. Tissue samples from equatorial area of fruit were collected for analyzing TSS, ascorbic acid, phenolic contents, ascorbic peroxidase, and DDPH on day 0, 7, 14, 21 and 28 of storage. Browning score were assessed in terms of percentage flesh affected (Uthairatanakij *et al*., 2010).

Results and Discussion

Investigations on the effects of different HW treatments on pineapple fruit cv. Pattavia. (*Ananas comosus* L.) at commercial maturity revealed the following. Symptoms of chilling injury was observed starting Day 7, however significant difference was only observed on Day 21 and 28th, where 50°C exhibited lower chilling injury symptoms compared to other two treatments (Figure 1A).Though ascorbic acid content continues to reduce until Day 21 and increased slightly on the Day 28th. However, Pineapple fruit dipped in 55°C indicated higher ascorbic acid content on day 7, 14 and 21 compared to other treatments (Figure 1C) and also steady increase in APX activity (Figure 1D) till the last day of storage. However, in hot water treated pineapple fruit at 50°C showed a similar trend with higher total phenolic content (Figure 1B) and DPPH (Figure 1E) on day 7 and 14 and lower chilling injury (Figure 1A) compared to other treatments. Similar result was observed by Ummarat (2011) that hot water treatment led to an induction of antioxidants in banana fruits. No significant difference in TSS was observed among treatments and was found similar to earlier research carried out by Schirra (2008) in Kumquat fruit.

The maximal benefit of a pre-storage heat treatment was found to be achieved at 50°C with lower chilling injury. In the light of this evidence, it can be concluded that induction of phenolic compound and DPPH in the pineapple fruit during the first two weeks might have contributed in suppressing or lower chilling injury symptom during the later storage period in the 50°C HW treated pineapple fruit. In addition hot water dip is an effective and environmentally safe treatment which can reduces chilling injury by induction of antioxidants.

Summary

HW treatment at 55°C could slow the rapid reduction of ascorbic acid content and induce the activity of APX in pineapple fruits during storage at 13°C for 4 weeks while HW treatment at 50°Ccould enhance the total phenolic content and DPPH, subsequently suppress the chilling injury in pineapple fruits. However, HW treatments did not have any effect on TSS content.

Literature cited

Bartholomew, P.D., Paull, E.R. and Rohrbach, G.K., 2003, The Pineapple: Botany, Production and Uses, CABI publishing.

Djioua, T., Charles, F., Lopez-Lauri, F., Filgueiras, H., Coudret, A., Freire, Jr.M., Ducamp-Collin, M. and Sallanon, H., 2009, Improving the Storage of Minimally Processed Mangoes (*Mangifera indica* L.) by Hot Water Treatments, Postharvest Biology and Technology, 52(2): 221-226.

Hong, S., Lee, H. and Kim, D., 2007, Effects of Hot Water Treatment on the Storage Stability of Satsuma Mandarin as a Postharvest Decay Control, Postharvest Biology and Technology, 43(2): 271-279.

Soto-Zamora, G., Yahia, M.E., Brecht, K.J. and Gardea, A., 2005, Effects of Postharvest Hot Air Treatments on the Quality and Antioxidant Levels in Tomato Fruit, LWT, 38; 657–663.

Schirra, M., Palma, A., D'aquino, S., Angioni, A., Minello, V.E., Melis, M. and Cabrass, P., 2008, Influence of Postharvest Hot Water Treatment on Nutritional and Functional Properties of Kumquat (*Fortunella japonica Lour. Swingle* Cv. Ovale) Fruit, Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56: 455–460.

Uthairatanakij, A., Jitareerat, P., Photchanachai, S. and Srilaong, V., 2010, Effect of Gamma Irradiation on Physico-chemical Changes of Pineapple (Project Report), Postharvest Innovation Center, Thailand.

Ummarat, N., Matsumoto, K.T., Wall, M.M. and Seraypheap, K., 2011, Changes in Antioxidants and Fruit Quality in Hot Water-treated 'Hom Thong' Banana Fruit during Storage, Scientia Horticulturae, 130: 801–807.

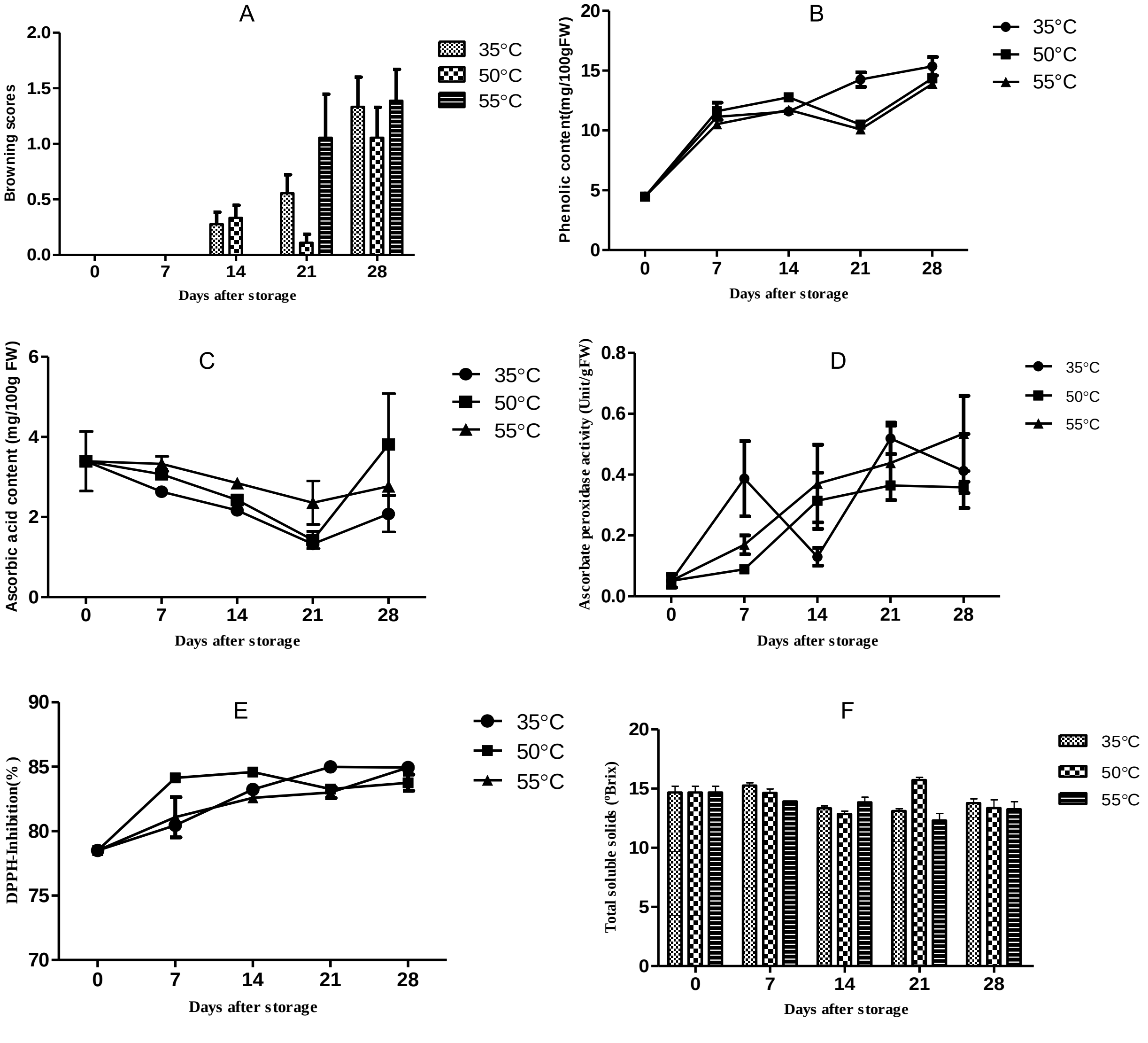


Figure 1 Browning score (A), phenolic contents (B), ascorbic acid (C), ascorbic peroxidase (D), DPPH (E) and total soluble solids content (F) of pineapple fruits treated with hot water at 35, 50 and 55C for 5 min before storage at 13°C for 28 days.

สมบัติต้านเอนไซม์ไลเปสจากผักใบเปรี้ยวพื้นบ้านของไทย

Anti-lipase Activities in Edible Sour Leaves of Thai Local Plants

อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1] **และ กัลยารัตน์ เครือวัลย์**[1]
Suttisansanee, U.[1] and Kruawan, K.[1]

Abstract

Obesity is resulted by an energy imbalance, which causes the focus on dietary fat intake to be over–emphasized at the expense of total energy intake. Numerous options are available for treatment of obesity including lifestyle therapy, pharmacological interventions and surgical operation. Currently, the only commercial available for medicinal treatment of obesity is orlistat, the synthesized drug that is focused on inactivating lipase enzyme. This enzyme degrades triglyceride into fatty acids and glycerol, thus inhibition of lipase would reduce fat accumulation. Some edible sour leaves of Thai local plants including *Garcinia cowa* Roxb. (*Gc*), *Spondias pinnata* (Linn.f.) Kurz (*Sp*), *Syzygium gratum* (Wight) S.N. Mitra. (*Sg*), *Tamarind indica* L. (*Ti*) and *Cratoxylum formosum* (Jack) Dyer (*Cf*) contain high quantity of antioxidants, which possibly possess alternative biochemical function as anti-lipase agents. To examine this hypothesis, lipase inhibitory activity was determined using colorimetric couple assays of lipase reaction and 5,5'-dithiobis(2-nitro benzoic acid) in a microplate reader. As results, it was found that *Sp* exhibited the highest lipase inhibitory activity (77.6% inhibition), followed by those of *Ti* (60.8% inhibition), *Gc* (17.4% inhibition), *Sg* (14.1% inhibition) and *Cf* (10.0% inhibition), respectively under studies conditions (0.75 mg/mL extracts). Thus, *Spondias pinnata* (Linn.f.) Kurz could be the promising source for novel therapeutic agents for prevention and treatment of obesity through lipase inhibitory pathway.

Keywords: anti-lipase activity, obesity, sour leaves, local plants

บทคัดย่อ

โรคอ้วนเกิดจากความไม่สมดุลในพลังงาน มาจากการบริโภคไขมันเกินกว่าการใช้พลังงานทั้งหมด ซึ่งวิธีการรักษาโรคอ้วนมีหลายวิธี รวมไปถึงการเปลี่ยนวิถีการดำเนินชิวิต การใช้ยา และการผ่าตัด ปัจจุบันยารักษาโรคอ้วนที่มีการจำหน่ายอย่างแพร่หลายมีเพียงชนิดเดียว นั่นคือ ออลิสเทท ซึ่งเป็นยาสังเคราะห์ที่ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปส เอนไซม์ชนิดนี้สามารถย่อยไตรกลีเซอไรด์ให้ได้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล ดังนั้นการยับยั้งเอนไซม์ไลเปสสามารถลดการสะสมไขมันได้ มีการค้นพบก่อนหน้านี้ว่า ผักใบเปรี้ยวซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นของไทย เช่น ใบชะมวง ใบมะกอก ใบเม็ก ใบมะขาม และใบติ้ว มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งสารเหล่านี้อาจมีสมบัติทางชีวเคมีเป็นสารต้านเอนไซม์ไลเปสได้ ดังนั้น เพื่อตรวจสอบสมมติฐานนี้ สมบัติยับยั้งการทำงานเอนไซม์ไลเปสสามารถทดสอบได้โดยการวิเคราะห์ปฏิกิริยาเอนไซม์ไลเปส และสาร 5,5'-dithiobis (2-nitro benzoic acid) ในเครื่องอ่าน microplate จากผลการทดลองพบว่า ใบมะกอกสามารถยับยั้งเอนไซม์ไลเปสได้ดีที่สุด (ค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 77.6) ตามด้วยใบมะขาม (ค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 60.8) ใบชะมวง (ค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 17.4) ใบเม็ก (ค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 14.1) และใบติ้ว (ค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 10.0) ตามลำดับ ภายใต้สภาวะการศึกษา (ใช้สารสกัด 0.75 mg/mL) ดังนั้นใบมะกอกอาจจะเป็นแหล่งของสารสำคัญในการรักษาและป้องกันโรคอ้วนผ่านการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปสในอนาคตได้

คำสำคัญ: สมบัติต้านเอนไซม์ไลเปส โรคอ้วน ผักใบเปรี้ยว พืชพื้นบ้านของไทย

[1] **สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 พุทธมณฑล สาย 4 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170**
[1] Institute of Nutrition, Mahidol University,999 Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

Introduction

Overweight and obesity are major public health problems that have become more common among adults and rapidly increased among children and adolescents. Nowadays, more than 1.1 billion people are undergone overweight worldwide, and 312 million are classified as obese. Various treatment options for overweight and obesity are currently available as lifestyle therapy, pharmacological interventions and surgical operation. The change in lifestyle for reducing calorie imbalance is a major role in obesity treatment. Anti-obesity drug and surgery will normally be recommended in combination with lifestyle therapy, once the later treatment alone cannot maintain weight loss. Besides, the selection of treatment will be depended on each individual's profile.

The inhibition of pancreatic lipase, the enzyme that hydrolyzed triglyceride into free fatty acids and glycerol, is recently an interesting approach for medicinal treatment as a result of high dietary fat consumption. Inhibition of this enzyme would support decrease in fat accumulation. Currently, only available medicine for overweight and obesity, orlistat, is approved by the Food and Drug Administration (FDA) for commercial, while others possess serious adverse effects. Thus, the bioactive compounds with pancreatic lipase inhibitory effect that can be found from natural sources such as fruits and vegetables would be an alternative choice of overweight and obesity treatments.

Five local plants in Thailand including *Garcinia cowa* Roxb. (*Gc*), *Spondias pinnata* (L. f.) Kurz (*Sp*), *Syzygium gratum* (Wight) S.N. Mitra. (*Sg*), *Tamarind indica* L. (*Ti*) and *Cratoxylum formosum* (Jack) Dyer (*Cf*) produce sour leaves that can be either cooked in many main dishes or consume as fresh leave for traditional medicine. Various parts of these plants have been intensively studied in term of isolation and purification of bioactive compounds that possess a wide range of biochemical and pharmacological properties i.e., antioxidant, anti-microbial activities, cytotoxic effect toward cancer cell lines and anti-inflammatory. Even though the biological properties of these plants have been widely investigated, limited information regarding their anti-lipase activities is available. Since it has been previously reported that some antioxidants possess biological functions against lipase (Hollman and Katan, 1999; Harborne and Williams, 2000; Shetty, 2004), it is highly possible that these local plants with high antioxidant activities could, as well, control obesity through lipase inhibitory pathway. Thus, the objective of this research was investigated anti-lipase activities from Thai local plants with sour leaves toward their lipase inhibitory activities.

Materials and Methods

Fresh leaves from five local plants were selected and washed with deionized water before drying in a lyophilizer. The dry samples then ground to fine powder by a cyclotex sample mill (series 1903 with 200–240V and 50/60 Hz from FOSS, Höganäs, Sweden) before being stored at –20 °C. The crude extracts were then prepared by mixing dry plant powder (4 g) in either ethanol or hexane (400 mL) and extracted for 6 hours using Soxhlet extractor at 40 °C. All samples were then dissolved in Dimethyl sulfoxide (DMSO) and stored at –20 °C.

High throughput analysis of lipase activity was adapted from the method of Choi *et al*., 2003. The assay based on the reaction between 5,5'-dithiobis (2-nitrobenzoic acid) (DTNB) and the enzymatic hydrolysis product of 2,3-dimercapto-1-propanol tributyrate (DMPTB). The assay consisted of extracted sample (0.01 mg/mL), *Candida rugosa* lipase (0.1 µg in 50 mM Tris (pH 8.0) containing 0.1% (w/v) BSA), DMPTB (50 µM in buffer containing 50 mM Tris (pH 7.2), 10 mM KCl, 1 mM EDTA and 10% (v/v) Triton X-100) and DTNB (0.8 mM). The enzyme reaction was monitored at a wavelength of 412 nm using a microplate reader. The results were calculated as a percentage of inhibitory activity using the equation; %inhibition = $100 \times (1-((B-b)/(A-a)))$, where A was the absorbance of the reaction mixture using the enzyme with substrate, a was the absorbance of the reaction mixture using the substrate only, B was the absorbance of the reaction mixture using the enzyme with substrate with extracts, and b was the absorbance of the reaction mixture using the extracts only.

Results and Discussion

The investigation in natural products that can act as nutraceutical foods is of an interesting matter to promote health benefits. Medicinal plants possess advanced benefits in relevant to the belief of safe and dependable consumption as well as lower price than synthesized drug that might exhibit severe side effects. Local plants with sour leaves including *Garcinia cowa* Roxb. (*Gc*), *Spondias pinnata* (Linn.f.) Kurz (*Sp*), *Syzygium gratum* (Wight) S.N. Mitra. (*Sg*), *Tamarind indica* L. (*Ti*) and *Cratoxylum formosum* (Jack) Dyer (*Cf*) have been reported as sources of bioactive compounds that can act as anti-oxidative agents. Since some antioxidants could, as well, function as lipase inhibitor, it is highly possible that these plants would exhibit lipase inhibitory activity. As results, it was found that *Sp* exhibited the highest lipase inhibitory activity (77.6% inhibition), followed by those of *Ti* (60.8% inhibition), *Gc* (17.4% inhibition), *Sg* (14.1% inhibition) and *Cf* (10.0% inhibition), respectively. It was previously found that *Sp* is a potential source of antioxidants and could provide several bioactive compounds including flavonoids, glycosides, alkaloids, carbohydrates, saponins, steroids and gums (Hazra, 2008). Thus, it is possible that these bioactive compounds could act as anti-lipase agents. Nevertheless, the confirmation of this hypothesis requires further scientific evidence.

Summary

Natural products are the promising source for novel therapeutic agents. Diet rich in bioactive phytochemicals has long been recognized essential to maintaining healthy body systems. In this study, *Spondias pinnata* (L. f.) Kurz extract exhibited the highest lipase inhibitory activity among all investigated plants. Thus, it could be the promising source for novel therapeutic agents for prevention and treatment of obesity through lipase inhibitory pathway. The information received from this investigation would provide fundamental knowledge on anti-lipase activities in relative to local functional foods that can function as neutraceuticals as well as support future drug discovery against obesity.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge Asst. Prof. Siriporn Tuntipopipat for gaining access to lab instruments. This research is conducted at Institute of Nutrition, Mahidol University.

Literature cited

Choi, S.J., Hwang, J.M. and Kim, S.I., 2003, A Colorimetric Microplate Assay Method for High Throughput Analysis of Lipase Activity, Journal of biochemistry and molecular biology, 36(4): 417-420.

Harborne, J.B. and Williams, C.A., 2000, Advances in Flavonoid Research Since 1992, Phytochemistry, 55(6): 481-504.

Hollman, P.C.H. and Katan, M.B., 1999, Dietary Flavonoids: Intake, Health Effects and Bioavailability, Food and Chemical Toxicology, 37(9–10): 937-942.

Hazra, B., Biswa, S. and Mandel, N., 2008, Antioxidant and Free Radical Scarvenging Activity of *Spondias pinnata*, BMC Complementary and Alternative Medicine, 8: 63

Shetty, K., 2004, Role of Proline-linked Pentose Phosphate Pathway in Biosynthesis of Plant Phenolics for functional Food and Environmental Applications: A Review, Process Biochemistry, 39(7): 789-804.

การพัฒนาเคอร์คูมินออกาโนเจลสำหรับทาผิว

Development of Curcumin Organogel for Topical Use

เปรมชัย เอี่ยมศิรินพกุล[1]

Ieamsirinoppakhun, P.[1]

Abstract

The objective of this study was to develop the topical curcumin organogel formula using lecithin as viscosity enhancer. Lecithin, poloxamer 407, isopropyl myristate and water were used as inactive ingredients of formula. The *in vitro* curcumin released from organogel formula was determined using Franz diffusion cell containing cellulose acetate membrane with phosphate buffer pH 7.4 as the acceptor medium. The results showed that curcumin released was decrease with increase in viscosity enhancer concentration. The optimized formula of the organogel was 2%w/w curcumin, 35%w/w lecithin, 3%w/w poloxamer 407, 59%w/w isopropyl myristate and 1%w/w water because it showed the highest percentage of cumulative curcumin released (which is 93.2%).

Keywords: curcumin, lecithin, *in vitro*, organogel

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรตำรับเคอร์คูมินออกาโนเจลสำหรับทาผิวโดยใช้เลซิตินเป็นสารเพิ่มความหนืดให้กับสูตรตำรับ เลซิติน, โพล็อคซาเมอร์ 407, ไอโซโพรพิล มัยริสเตรต และน้ำถูกใช้เป็นสารช่วยของสูตรตำรับ การศึกษาการปลดปล่อยเคอร์คูมินจากสูตรออกาโนเจลในหลอดทดลองทำโดยการใช้เครื่อง Franz diffusion cell โดยมีเซลลูโลสอะซิเตทเป็นเยื่อกั้นผ่านและใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.4 เป็นตัวกลาง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเคอร์คูมินถูกปลดปล่อยจากสูตรตำรับลดลงเมื่อปริมาณของสารเพิ่มความหนืดในสูตรตำรับเพิ่มขึ้น สูตรตำรับที่เหมาะสมประกอบด้วยเคอร์คูมินร้อยละ 2, เลซิตินร้อยละ 35, โพล็อคซาเมอร์ 407 ร้อยละ 3, ไอโซโพรพิล มัยริสเตรต์ร้อยละ 59 และน้ำร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก เพราะสูตรตำรับแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของการปลดปล่อยเคอร์คูมินสะสมสูงสุดที่ร้อยละ 93.2

คำสำคัญ: เคอร์คูมิน เลซิติน การปลดปล่อยในหลอดทดลอง ออกาโนเจล

คำนำ

ด้วยฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของเคอร์คูมินในการยับยั้งการอักเสบ และป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ทำให้มีการนำสารดังกล่าวไปใช้เพื่อรักษาโรคเช่น ภาวะอักเสบเรื้อรัง เนื้องอกในบางบริเวณของร่างกาย แต่การให้เคอร์คูมินเข้าสู่ร่างกายด้วยวิธีการรับประทานกลับมีข้อจำกัดเนื่องจากสารมีค่าละลายน้ำที่ต่ำทำให้ปริมาณของสารที่ถูกดูดซึมผ่านจากผนังทางเดินอาหารเข้าสู่เลือดมีน้อย นอกจากนี้สารที่ตกค้างในทางเดินอาหารยังถูกทำลายจากเอนไซน์และค่าความเป็นกรด-ด่างที่ไม่เหมาะสม การนำส่งเคอร์คูมินผ่านผิวหนังเป็นทางเลือกหนึ่งที่ถูกใช้เพื่อให้เกิดผลในการรักษาโรคเฉพาะที่หรือทั่วร่างกาย (Liu และคณะ, 2011) เลซิตินเป็นสารที่ได้จากพืชและสัตว์ มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มค่าการละลายในน้ำให้กับสารที่ชอบไขมัน (lipophilic substances) เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของเลซิตินมีทั้งส่วนที่ชอบน้ำและน้ำมัน เมื่อนำเลซิติน น้ำมัน และน้ำมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้เกิดออกาโนเจล ที่มีลักษณะทางกายภาพใส กึ่งแข็งกึ่งเหลว และมีความคงตัว ออกาโนเจลช่วยให้สารที่ชอบไขมันมีอัตราเร็วและปริมาณที่ถูกดูดซึมผ่านชั้นผิวเพิ่มขึ้นเนื่องจากเลซิตินช่วยเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังเซลล์ทำให้สารสำคัญมีโอกาสซึมลงในผิวได้ลึกขึ้น (Raut และคณะ, 2012) จุดประสงค์ในการศึกษานี้เพื่อพัฒนาสูตรตำรับเคอร์คูมินออกาโนเจลสำหรับทาผิวโดยใช้เลซิตินเป็นสารเพิ่มความหนืด

[1] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 18/18 ถนนบางนา-ตราด กม.18 แขวงบางโฉลง เขตบางพลี สมุทรปราการ 10540

[1] Faculty of Pharmaceutical Sciences, Huachiew Chalermprakiet University, 18/18 Bangna-Trad k.m. 18, Bangplee district, Samut Prakarn 10540.

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการแยกเตรียมส่วนผสมของชั้นน้ำมันและชั้นน้ำ (Table 1) ส่วนของชั้นน้ำมันเตรียมโดยละลายเคอร์คูมิน (Fluka Co., Ltd.) ในของผสมระหว่างเลซิติน (บริษัท น้ำมันพืชไทย จำกัด (มหาชน)) และไอโซโพรพิล มัยริสเตรต ด้วยการคนต่อเนื่องโดยใช้ magnetic bar จนได้สารละลายใส ส่วนของชั้นน้ำเตรียมโดยการละลายโพล็อคซาเมอร์ 407 (BASF (Thai) Co., Ltd.) ในน้ำ เติมชั้นน้ำลงในชั้นน้ำมัน คนต่อเนื่องจนกระทั่งของผสมมีลักษณะใส นำตัวอย่างไปวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield DV-II + viscometer สูตรละ 3 ซ้ำ นำตัวอย่างที่เตรียมได้ของแต่ละสูตรไปศึกษาการปลดปล่อยเคอร์คูมินในหลอดทดลองโดยใช้เครื่อง Franz diffusion cell สูตรละ 6 ซ้ำ ใช้ 0.45 ไมครอน เซลลูโลส อะซิเตท เป็นเยื่อกั้นผ่านโดยมีพื้นที่หน้าตัดขนาด 2.10 ตารางเซนติเมตร ในส่วนของ acceptor ใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.4 ปริมาตร 12 มิลลิลิตร เป็นตัวกลาง ควบคุมอุณหภูมิของตัวกลางให้อยู่ระหว่าง 32±1 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบของ magnetic bar เท่ากับ 100 รอบต่อนาที เก็บตัวอย่างสารละลายจาก acceptor part ครั้งละ 2 มิลลิลิตร ที่เวลา 1, 2, 4, 8 และ 12 ชั่วโมง ทุกครั้งที่เก็บตัวอย่างทำการเติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ใหม่ปริมาตร 2 มิลลิลิตรลงไปทดแทน นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer เพื่อหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 427 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณหาปริมาณของเคอร์คูมินที่พบในตัวอย่างโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของความเข้มข้นเลซิตินที่มีต่อปริมาณของเคอร์คูมินซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาจากออกาโนเจล (Figure 1) พบว่าเมื่อปริมาณของเลซิตินเพิ่มขึ้นจะทำให้เคอร์คูมินถูกปลดปล่อยออกมาลดลง ที่เวลาครบ 12 ชั่วโมง สูตร F1 ปลดปล่อยเคอร์คูมิน ออกมา 93.2±10% มากกว่า F2 และ F3 ที่ปลดปล่อยเคอร์คูมิน 71.8±8 และ 63.4±9% ตามลำดับ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Pandey และคณะ, 2009) เมื่อความเข้มข้นของเลซิตินเพิ่มค่าความหนืดของออกาโนเจลจะเพิ่มขึ้นตาม ในการทดลองค่าความหนืดของสูตร F1 มีค่า 40753±895 cPs ในขณะที่สูตร F2 ที่มีปริมาณของเลซิตินสูงกว่าสูตร F1 34% โดยมีค่าความหนืดเท่ากับ 79861±1092 cPs มากกว่าสูตร F1 ประมาณสองเท่า สูตร F3 มีค่าความหนืด 125429±3705 cPs โดยมีปริมาณของเลซิตินมากกว่าสูตร F1 69% ความหนืดที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากรูปแบบของการจัดเรียงตัวระหว่างโมเลกุลของเลซิตินที่เปลี่ยนแปลงไปจาก micelles มาอยู่ในรูปแบบ reverse cylindrical micelles (Raut และคณะ, 2012)

สรุปผล

ปริมาณของเคอร์คูมินที่ถูกปลดปล่อยออกจากออกาโนเจลจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของเลซิตินในสูตรเพิ่มขึ้น สูตรตำรับที่เหมาะสมจากการทดลองประกอบด้วยเคอร์คูมินร้อยละ 2, เลซิตินร้อยละ 35, โพล็อคซาเมอร์ 407 ร้อยละ 3, ไอโซโพรพิล มัยริสเตรตร้อยละ 59 และน้ำร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก โดยมีปริมาณของเคอร์คูมินที่ถูกปลดปล่อยภายในเวลา 12 ชั่วโมงเท่ากับ 93.2%

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณบริษัท น้ำมันพืชไทย จำกัด (มหาชน) ที่ได้กรุณามอบ soybean lecithin มาเพื่อใช้ในการทดลองนี้ และขอขอบคุณบริษัท BASF (Thai) จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อ poloxamer 407 สำหรับการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

Liu, C.H., Chang, F.Y. and Hung, D.K., 2011, Terpene Microemulsions for Transdermal Curcumin Delivery: Effects of Terpene and Cosurfactants, Colloids and Surface B: Biointerfaces, 82(1): 63–70.

Raut, S., Bhadoriya, S.S., Uplanchiwar, V., Mishra, V., Gahane, A. and Jain, SK., 2012, Lecithin Organogel: a Unique Micellar System for the Delivery of Bioactive Agents in the Treatment of Skin Aging, Acta Pharmaceutica Sinica B, 2(10): 8–15.

Pandey, M.S., Belgamwar, V.S. and Surana, S.J., 2009, Topical Delivery of Flurbiprofen Feom Pluronic Lecithin Organogel, Indian Journal of Pharmaceutical Sciences, 71(1): 87–90.

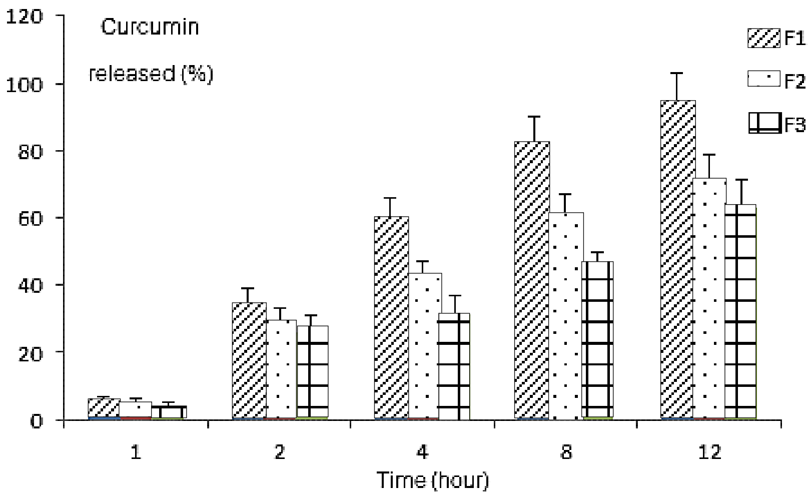


Figure 1 The effect of lecithin concentrations on the percentages of curcumin released across cellulose acetate membrane from organogels

Table 1 Ingredients and viscosity of the formulations

Ingredients	Formulation 1 (F1)	Formulation 2 (F2)	Formulation 3 (F3)
Curcumin	2%w/w	2%w/w	2%w/w
Soybean lecithin	35%w/w	47%w/w	59%w/w
Isopropyl myristate	59%w/w	47%w/w	35%w/w
Poloxamer 407	3%w/w	3%w/w	3%w/w
Water	1%w/w	1%w/w	1%w/w
Viscosity (cPs)	40753 ± 895	79861 ± 1092	125429 ± 3705

การศึกษาสมบัติต้านการทำงานของเอนไซม์ไลเปสจากสารสกัดพริกหวานด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน
Study of Anti-lipase Activity of Sweet Pepper Extracts Using Different Solvents

พุทธชา สอนจันทร์[1] กัลยารัตน์ เครือวัลย์[1]วรางคณา ศรีจำนงค์[1] สมศรี เจริญเกียรติกุล[1] และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์[1]
Sornchan, P.[1], Kruawan, K.[1], Srichamnong, W.[1], Charoenkiatkul, S.[1] and Suttisansanee, U.[1]

Abstract

Sweet pepper (*Capsicum annuum*) or bell pepper appears in various colors, including green, yellow, orange, red and chocolate. Sweet pepper has been reported as an abundant source of antioxidants such as beta-carotene, capsanthin, quercetin and luteolin. These antioxidants could inactivate lipase enzyme, which hydrolyzes triglyceride into free fatty acids and glycerol. Thus, consumption of sweet pepper could possibly control obesity through lipase inhibition. Nevertheless, limited information on sweet pepper regarding its anti-lipase activities in relatedness to extracted solvents is available. The objective of this study was, thus, to investigate the anti-lipase activities of selected green sweet pepper under different extracted solvents, including hexane, ethyl acetate and 70% (v/v) aqueous ethanol using a Soxhlet extractor. The results suggests that sweet pepper extracted by hexane exhibited the highest inhibitory activity with IC_{50} of 24.9±2.9 mg/mL, followed by those with ethyl acetate (IC_{50} of 66.5±8.4 mg/mL) and 70% (v/v) aqueous ethanol (IC_{50} of 173.8±26.5 mg/mL), respectively. It can be suggested that the bioactive compounds in green pepper that could function against lipase might possess low polarity indexed moieties such that they dissolved in non-polar solvent such as hexane better than in semi-polar (ethyl acetate) and polar (ethanol) solvents. The information received from this research would lead to further investigation on isolation of potential anti-lipase agents from sweet peppers.

Keywords: sweet pepper, obesity, lipase inhibitor

บทคัดย่อ

พริกหวานมีหลายสี เช่น สีเขียว สีเหลือง สีส้ม สีแดง และสีช็อคโกแลต มีการรายงานว่า พริกหวานเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เบต้าแคโรทีน แคปแซนทีน เควอซิทิน และลูทีโอลิน สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้สามารถต้านการทำงานของเอนไซม์ไลเปส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล ดังนั้นการบริโภคพริกหวานอาจทำให้สามารถควบคุมโรคอ้วนได้ด้วยการยับยั้งเอนไซม์ไลเปส อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับการต้านเอนไซม์ไลเปสของพริกหวาน และความสัมพันธ์กับตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดยังมีอยู่น้อย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองในครั้งนี้คือ เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านการทำงานของเอนไซม์ไลเปสจากสารสกัดพริกหวานสีเขียวภายใต้การสกัดด้วยสารละลายที่แตกต่างกันได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซิเตท และเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร โดยใช้เครื่องสกัดซอกห์เลต จากผลการทดลองพบว่า สารสกัดพริกหวานสีเขียวที่สกัดด้วยสารละลายเฮกเซนมีฤทธิ์การยับยั้งสูงที่สุด โดยให้ค่า IC_{50} เท่ากับ 24.9±2.9 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามด้วยสารที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตท (IC_{50} เท่ากับ 66.5±8.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)และเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร (IC_{50} เท่ากับ 173.8±26.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ ดังนั้นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพริกหวานสีเขียวที่สามารถต้านการทำงานของเอนไซม์ไลเปสอาจมีความเป็นขั้วต่ำ ซึ่งสามารถละลายได้ดีในสารละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน มากกว่าสารละลายกึ่งมีขั้ว (เอทิลอะซิเตท) และสารละลายที่มีขั้ว (เอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร) ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะสนับสนุนงานวิจัยในอนาคตเกี่ยวกับการสกัดแยกสารต้านเอนไซม์ไลเปสจากพริกหวานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: พริกหวาน โรคอ้วน สารยับยั้งเอนไซม์ไลเปส

[1] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170
[1] Institute of Nutrition, Mahidol University, Phutthamonthon 4 Rd., Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

Introduction

Obesity is a chronic disease that has been a major public health problem with an alarming increase in occurrence. Obesity is associated with many diseases such as coronary heart disease, cancer, gout and stroke (Campos *et al*., 2005). Therefore, immediate attention and proper management should be implemented for obesity treatment. At the present, there are several treatment options for obesity including lifestyle therapy, pharmacological interventions and surgical operation. The medicinal treatment involves the only commercially available synthesized drug, orlistat, which controls biological function of lipase, the enzyme that hydrolyzes triglyceride into free fatty acids and glycerol. Nevertheless, the drug can cause gastrointestinal side effects including oily or fatty stools, gas with discharge, inability to control bowel movements, stomach pain, nausea, vomiting and diarrhea.

Currently, the investigation in natural products that can act as nutraceutical foods is of an interesting matter to promote health benefits. Sweet pepper (*Capsicum annuum*) or bell pepper is a source of bioactive compounds with anti-oxidative property such as beta-carotene, capsanthin, quercetin and luteolin (Marín *et al*., 2004; Sun *et al*., 2007). Additionally, sweet pepper also contains flavonoids and phenolics (Sun *et al*., 2007). Some of these antioxidants have been reported for their biological functions against lipase (Hollman and Katan, 1999; Harborne and Williams, 2000; Shetty, 2004), thus consumption of sweet pepper could possibly control obesity through lipase inhibition. In this study, we investigated the anti-lipase activities of selected green sweet pepper under different extracted solvents, including hexane, ethyl acetate and 70% (v/v) aqueous ethanol using a Soxhlet extractor.

Materials and Methods

Green sweet peppers were cut into small pieces and removed the seeds before being freeze-dried. The samples were then ground by a grinder and stored at -20°C. Sweet pepper powder (5 g) was extracted under different extracted solvents (400 mL), including hexane, ethyl acetate and 70% (v/v) aqueous ethanol using a Soxhlet extractor. The extractant was evaporated, and the remaining was resuspended with minimal volume of 50% (v/v) DMSO.

The determination of lipase inhibitory activity was investigated by the colorimetric couple assays utilizing the reaction of sulfhydryl moiety, a product from lipase reaction and 2,3-dimercapto-1-propanol tributyrate (DMPTB), and 5,5'-dithiobis(2-nitrobenzoic acid) (DTNB). The reaction consisted of *Candida rugosa* lipase (0.2 µg), DMPTB (0.05 mM), DTNB (0.8 mM) and extracted samples in 50 mM Tris (pH 7.2) containing 10% (v/v) Triton X–100, 10 mM KCl and 1 mM EDTA. The lipase activity was monitored at 412 nm using a microplate reader. The results were calculated as a percentage of inhibitory activity using the equation; %inhibition = 100 x (1-((*B*-*b*)/(*A*-*a*))), where *A* was the absorbance of the reaction mixture using the enzyme with substrate, *a* was the absorbance of the reaction mixture using the substrate only, *B* was the absorbance of the reaction mixture using the enzyme with substrate with extracts, and *b* was the absorbance of the reaction mixture using the extracts only.

Results and Discussion

The extraction methods could affect the isolated compounds due to variety of their chemical properties such as structure and polarity. Most previous researches have focused on antioxidant activity of several plant extracts using different solvents (Naczk and Shahidi, 2006; Alothman *et al*., 2009; Sarikurkcu *et al*., 2009; Bae *et al*., 2012). As stated previously that some antioxidants could act as anti-lipase agents, it was possible that sweet peppers with abundant quantity of antioxidants could possess high lipase inhibitory activity. Nevertheless, limited information on sweet pepper regarding its anti-lipase property in relatedness to extracted solvents is available. As the results of using different solvent systems to extract green sweet peppers, it was found that the

inhibitory activity (IC_{50}) of sample with hexane extraction was the highest (24.9±2.9 mg/mL), followed by those with ethyl acetate (IC_{50} of 66.5±8.4 mg/mL) and 70% (v/v) aqueous ethanol (IC_{50} of 173.8±26.5 mg/mL), respectively. These results suggested that difference in polarity of solvents could be the significant factor toward extracted bioactive compounds. Most extracted bioactive compounds from green pepper that could function against lipase might possess low polarity indexed moieties such that they dissolved in non-polar solvent such as hexane better than in semi-polar (ethyl acetate) and polar (ethanol) solvents. These results were corresponded to the previous research, which reported the highest quantity of bioactive compounds from five pepper cultivars that extracted from hexane and ethyl acetate (Bae *et al*., 2012). The extracted bioactive compounds were reported as capsaicinoids and other phenolics. The former contains long hydrocarbon chain, while the later consists of aromatic ring(s). Both of which are highly soluble in non-polar solvent. Thus, it is possible that capsaicinoids and some phenolics might be responsible for lipase inhibitory activity of green sweet pepper.

Summary

Hexane was the most efficient solvent for extraction of green sweet pepper with the highest lipase inhibitory activity, followed by ethyl acetate and ethanol, respectively. The information received from this research would lead to further investigation on isolation of potential anti-lipase agents from sweet peppers.

Literature cited

Alothman, M., Bhat, R. and Karim, A.A., 2009, Antioxidant Capacity and Phenolic Content of Selected Tropical Fruits from Malaysia, Extracted with Different Solvents, Food Chemistry, 115: 785-788.

Bae, H., Jayaprakasha, G.K., Jifon, J. and Patil, B.S., 2012, Variation of Antioxidant Activity and the Levels of Bioactive Compounds in Lipophilic and Hydrophilic Extracts from Hot Pepper (*Capsicum* spp.) Cultivars, Food Chemistry, 134: 1912-1918.

Campos, P., Saguy, A., Ernsberger, P., Oliver, E. and Gaesser, G., 2005, The Epidemiology of Overweight and Obesity: Public Health Crisis or Moral Panic?, International Journal of Epidemiology, 35: 55-60.

Harborne, J.B. and Williams, C.A., 2000, Advances in Flavonoid Research Since 1992, Phytochemistry, 55: 481-504.

Hollman, P.C.H. and Katan, M.B., 1999, Dietary Flavonoids: Intake, Health Effects and Bioavailability, Food and Chemical Toxicology, 37: 937-942.

Marín, A., Ferreres, F., Tomás-Barberán, F.A. and Gil, M.I., 2004, Characterization and Quantitation of Antioxidant Constituents of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 3861-3869.

Naczk, M. and Shahidi, F., 2006, Phenolics in Cereals, Fruits and Vegetables: Occurrence, Extraction and Analysis, Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 41: 1523-1542.

Sarikurkcu, C., Arisoy, K., Tepe, B., Cakir, A., Abali, G. and Mete, E., 2009, Studies on the Antioxidant Activity of Essential Oil and Different Solvent Extracts of *Vitex agnus castus* L. fruits from Turkey, Food and Chemical Toxicology, 47: 2479-2483.

Shetty, K., 2004, Role of Proline-linked Pentose Phosphate Pathway in Biosynthesis of Plant Phenolics for Functional Food and Environmental Applications: a Review, Process Biochemistry, 39: 789-804.

Sun, T., Xu, Z., Wu, C.T., Janes, M., Prinyawiwatkul, W. and No, H.K., 2007, Antioxidant Activities of Different Colored Sweet Bell Peppers (*Capsicum annuum* L.), Journal of Food Science, 72: S98-S102.

สมบัติทางกล-กายภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมพอลิแซคคาไรด์ 3 ชนิด

Physical and Mechanical Properties of Cassava Starch Films Mixed with Three Polysaccharides

จุฑาทิพย์ สินสวัสดิ์[1] อรพิน เกิดชูชื่น[1] และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์[1]

Sinsawad, J.[1], Kerdchoechuen, O.[1] and Laohakunjit, N.[1]

Abstract

Physical and mechanical properties of cassava starch films (5%) mixed with three polysaccharides; carrageenan, chitosan, and agar at concentration of 1.0% (w/w) were conducted. The sorbitol 30% (w/w of starch) was added as plasticizer. Physical and mechanical properties of starch edible film; water vapor transmission rate (WVTR), oxygen transmission rate (OTR), solubility, tensile strength (TS) and elongation (E), were evaluated. Cassava film mixed with agar had the lowest water vapor transmission rate and oxygen transmission rate at 3.9×10^{-5} g/cm^2/day and 4.48×10^{-5} cm^3/cm^2/h, respectively. Although, cassava starch film mixed with chitosan had the lowest solubility, its tensile strength and elongation were greater than those of other cassava films.

Keywords: carrageenan, chitosan, agar, water vapor transmission rate, elongation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง (5% w/w) ผสมพอลิแซคคาไรด์ 3 ชนิด คือ คาราจีแนน ไคโตซาน และอาการ์ ความเข้มข้น 1% (w/w) และเติมซอร์บิทอล ความเข้มข้น 30% (w/w ของน้ำหนักแป้ง) เป็นพลาสติไซเซอร์ ผลการศึกษาสมบัติทางกล-กายภาพ ได้แก่ อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate, OTR) การละลาย (solubility) ความทนต่อแรงยืด (tensile strength, TS) การยืดตัว (elongation, E) พบว่า ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมอาการ์ มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ และอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำที่สุดเท่ากับ 3.9×10^{-5} g/cm^2/day และ 4.48×10^{-5} cm^3/cm^2/h ตามลำดับ ถึงแม้ว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตซานมีค่าการละลายต่ำที่สุด แต่มีความทนต่อแรงยืดและการยืดตัวดีกว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังชนิดอื่นๆ

คำสำคัญ: คาราจีแนน ไคโตซาน อาการ์ อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ การยืดตัว

คำนำ

ฟิล์มบริโภคได้ (edible films) เป็นวัสดุแผ่นบางที่เตรียมได้จากสารพอลิเมอร์ (polymer) จากธรรมชาติ เช่น แป้งมันสำปะหลัง (cassava starch) จึงสามารถรับประทานได้พร้อมกับอาหาร มีคุณสมบัติป้องกันอากาศและไอน้ำผ่านเข้าสู่อาหารได้ ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น แต่ฟิล์มบริโภคได้ในปัจจุบันมีความยืดหยุ่นต่ำ เปราะและแตกหักง่าย เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีอะไมโลส (amylose) เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น และอะไมโลเพกติน (amylopectin) เป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่ง ทำให้เกิดเป็นช่องว่างระหว่างโมเลกุลเมื่อขึ้นรูปฟิล์ม อีกทั้งแป้งมันสำปะหลังมีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl) จำนวนมาก ส่งผลให้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ได้ไม่ทนต่อการสัมผัสน้ำ (Wu และคณะ, 2002) การปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มบริโภคได้จึงสามารถทำได้ด้วยการผสมแป้งมันสำปะหลังกับสารพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ชนิดต่างๆ เช่น คาราจีแนน (carragenan) ไคโตซาน (chitosan) และอาการ์ (agar) เนื่องจากสารพอลิแซคคาไรด์สามารลดช่องว่างระหว่างโมเลกุลด้วยการแทรกตัวระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ทำให้การขึ้นรูปฟิล์มมีความคงตัวมากขึ้น นอกจากนี้คุณสมบัติเฉพาะตัวของสารพอลิแซคคาไรด์ที่เติมยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับฟิล์มแป้งมันสำปะหลังได้ โดยคาราจีแนนสามารถเพิ่มความยืดหยุ่นและความคงตัวให้กับฟิล์มแป้งมันปะหลัง เนื่องจากคาราจีแนนมีคุณสมบัติในการเกิดเจลที่ดี (Lafargue และคณะ, 2007; Picutell, 1995) ส่วนไคโตซานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Walker-Simmons และคณะ, 1984) เนื่องจากหมู่อะมิโนของไคโตซานสามารถดูดซับอิออนของโลหะที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของจุลินทรีย์จึงสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ส่วนอาการ์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันการผ่านของอากาศและไอน้ำ เนื่องจากอาการ์มีความข้นหนืดสูง

[1] คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 49ถนนเทียนทะเล 25 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพ 10150

[1] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 49Tientalay25 Rd., Thakam, Bangkhunteun, Bangkok 10150

และมีคุณสมบัติในการเกิดเจล อย่างไรก็ตามการผสมสารพอลิแซคคาไรด์ในแป้งมันสำปะหลังผสมนอกจากสามารถปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์ม ยังทำให้ฟิล์มที่ได้มีลักษณะผิวเรียบ มีความคงตัวไม่เปราะและแตกหักง่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมสารพอลิแซคคาไรด์ชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลัง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5 (แป้ง 5 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร) เติมพอลิแซคคาไรด์ (อาการ์และคาราจีแนน) ร้อยละ 1 ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง จากนั้นต้มแป้งจนมีลักษณะข้นหนืด ส่วนฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมสารละลายไคโตแซนเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v) ที่ละลายในกรด acetic ในอัตราส่วนสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่อสารละลายไคโตแซนที่ 1:1 กวนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น และเติมสารพลาสติไซเซอร์ (ซอร์บิทอล) ร้อยละ30 ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง

เทสารละลายผสมแต่ละชนิดที่ได้ลงบนแม่พิมพ์ และทำแห้งด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่ 55°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง วิเคราะห์สมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ได้ ได้แก่ ความหนา (thickness) (Fisher Scienific, Pittsburg, PA) อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission) (ASTM E96-80,1965) การละลายน้ำ (WSI) (AACC method 56-20) การต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength) และการยืดตัว (elongation) (ASTM, 1989)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

แป้งมันสำปะหลัง ไคโตซาน คาราจีแนน และอาการ์ เมื่อนำมาขึ้นรูปฟิล์มพบว่า ฟิล์มที่ได้มีอัตราการซึมผ่านของอากาศและไอน้ำ และมีการละลายสูง แต่มีคุณสมบัติต้านแรงดึงขาดและการยืดตัวต่ำ (Figure 1-5) ส่งผลให้ฟิล์มที่ได้มีความเปราะ แตกหักง่าย และไม่ทนต่อการสัมผัสน้ำ แต่เมื่อปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มด้วยการนำแป้งมันสำปะหลังผสมกับไคโตแซน คาราจีแนน และอาการ์ ตามลำดับ พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตซานมีการยืดตัว (37.85 MPa) และการละลายน้ำ (ร้อยละ11.67) ต่ำ(Figure 4-5) เนื่องจากหมู่อะมิโนของไคโตซานแทรกตัวระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินของแป้งมันสำปะหลัง เกิดเป็นโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ทำให้การละลายน้ำลดลง (วรรณา, 2549) แต่มีคุณสมบัติต้านแรงดึงขาดสูงถึง 37.85 MPa (Figure 3) เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมคาราจีแนนที่มีคุณสมบัติต้านแรงดึงขาดต่ำ (20.82 MPa.) (Figure 3) แต่มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนและไอน้ำ เท่ากับ 4.7×10^{-5} $cm^3/cm^2/h$ และ 7.8×10^{-5} $g/cm^2/day$ ตามลำดับ และมีคุณสมบัติการยืดตัวและการละลาย เท่ากับ ร้อยละ17.78 และ ร้อยละ 13.58 ตามลำดับ สำหรับฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมอาการ์พบว่า มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำต่ำ เท่ากับ 3.9×10^{-5} $g/cm^2/day$ (Figure 1) และอัตราการซึมผ่านออกซิเจนน้อยที่สุด เท่ากับ 4.48×10^{-5} $cm^3/cm^2/h$ (Figure 2) เนื่องจากอาการ์มีความข้นหนืดสูงและมีคุณสมบัติการเกิดเจล (gelatinization) ที่ดี ส่งผลให้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผสมอาการ์มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนลดลง (Letendre และคณะ, 2002) แต่การผสมอาการ์ทำให้ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ได้มีคุณสมบัติการยืดตัว (ร้อยละ 17.78) และการละลายเพิ่มขึ้น (ร้อยละ13.55) เนื่องจากสารพอลิแซคคาไรด์สามารถแทรกตัวและสร้างพันธะกับโมเลกุลของแป้ง ดังนั้นการผสมพอลิแซคคาไรด์แต่ละชนิดกับแป้งมันสำปะหลังจึงสามารถปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มได้

สรุปผล

จากการทดสอบสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมสารพอลิแซคคาไรด์ 3 ชนิด พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมอาการ์ มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน และ อัตราซึมผ่านของไอน้ำน้อยที่สุด ขณะที่ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังผสมไคโตซานมีการละลายต่ำที่สุด แต่มีสมบัติต้านแรงดึงขาดดีที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (NRU) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

วรรณา ตุลยธัญ, 2549, เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 66 หน้า

Lafargue, D., Lourdin, D. and Doublier, J.L., 2007, Film-forming Properties of a Modified Starch/ K-carrageenan Mixture in Relation to Its Rheological Behavior, Carbohydrate Polymer, 70: 101-111.

Letendre, M., D'Aprano, G., Lacroix, M., Salmieri, S., St-Gelais, D., 2002, Physicochemical Properties and Bacterial Resistance of Biodegradable Milk Protein Films Containing Agar and Pectin, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(21): 6017-6022.

Piculell, L., 1995, Chapter 8: Gelling Carrageenans, In Stephen, A.M. (Ed.), Food Polysaccharides and Their Applications, Marcel Dekker, Lnc., New York, pp. 205-244.

Walker-Simmons, M. and Ryan, C.A., 1984, Proteinase Inhibitor Synthesis in Tomato Leaves Induction by Chitosan Oligomers and Chemically Modified Chitosan and Chitin, Plant Physiology, 76:787–790.

Wu, Y., Weller, L.C., Hamouz, F., Cuppett, S.L. and Schnepf, M., 2002, Multicomponent Edible Coatings and Films, In Advances in Food and Nutrition Research, Taylor, S.L. (Ed.), Acedemic Press an Elsevier science Imprint, 449p.

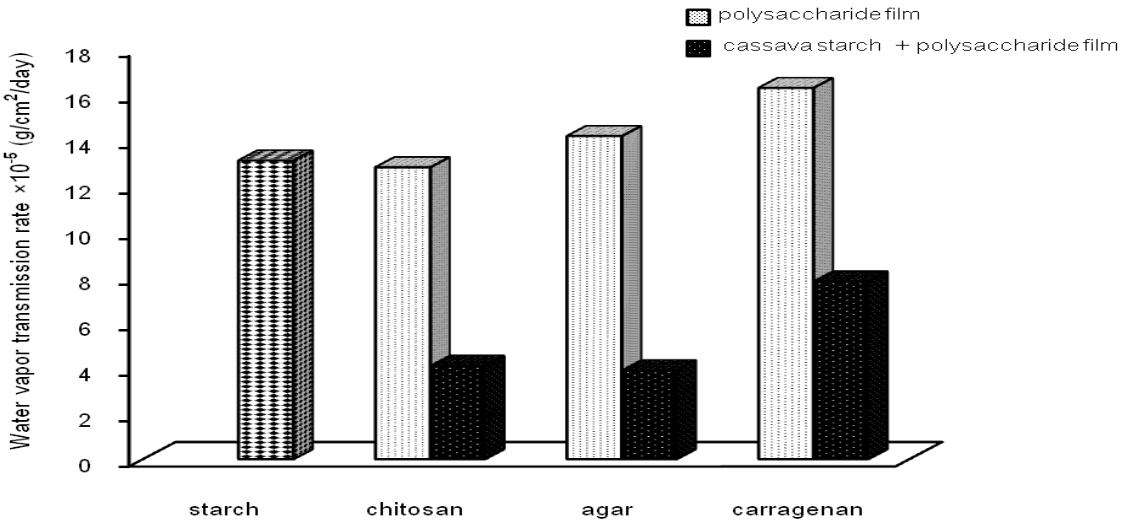


Figure 1 Water Vapor transmission rate of cassava starch mixed polysaccharide film

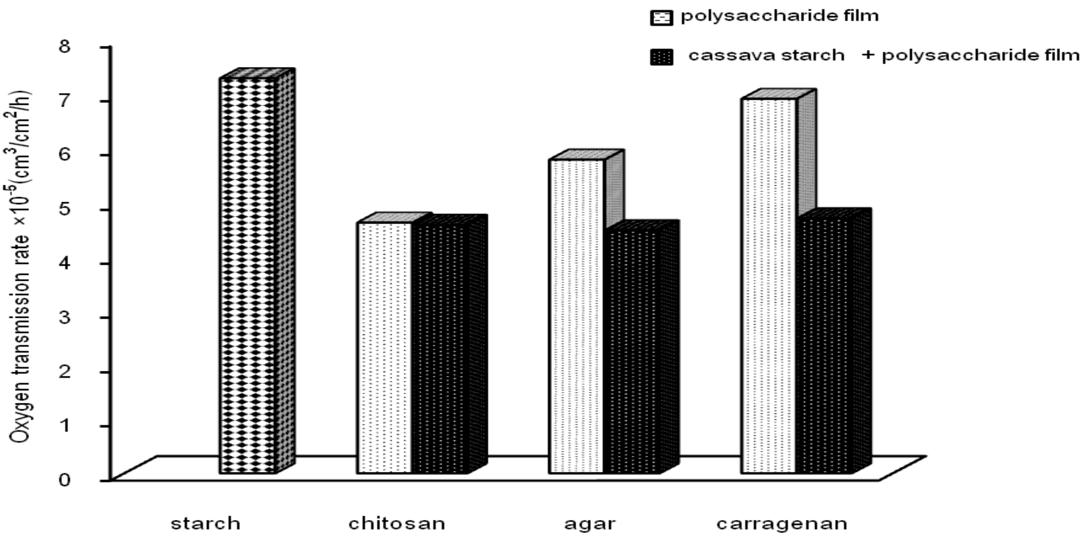


Figure 2 Oxygen transmission rate of cassava starch mixed polysaccharide film

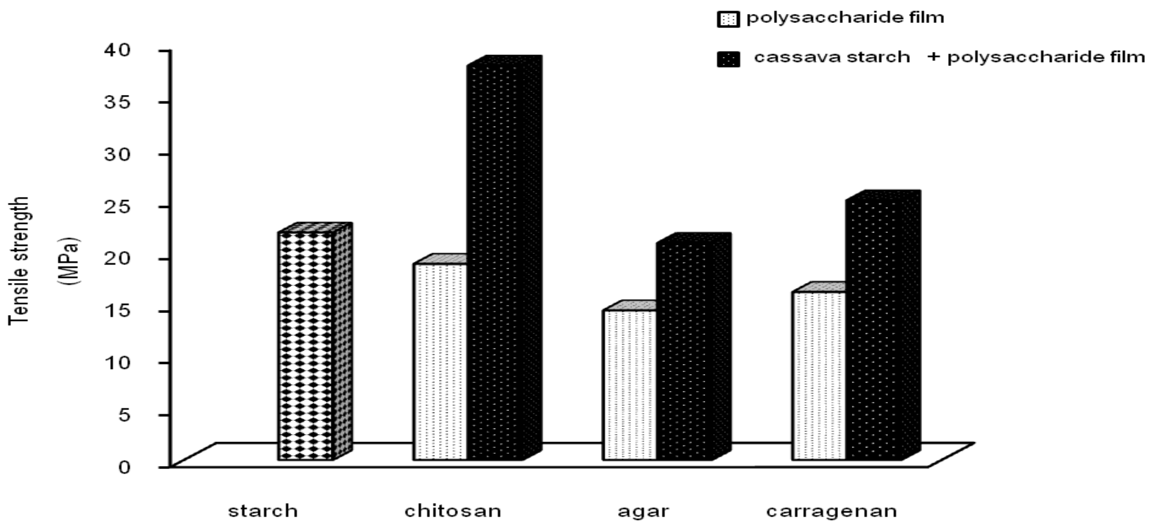


Figure 3 Tensile strength of cassava starch mixed polysaccharide film

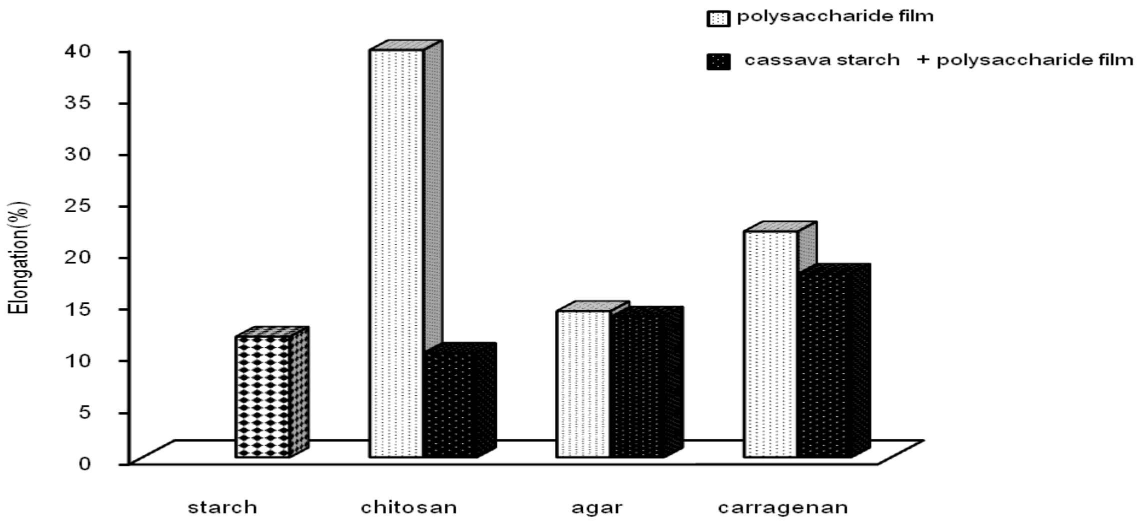


Figure 4 Elongation of cassava starch mixed polysaccharide film

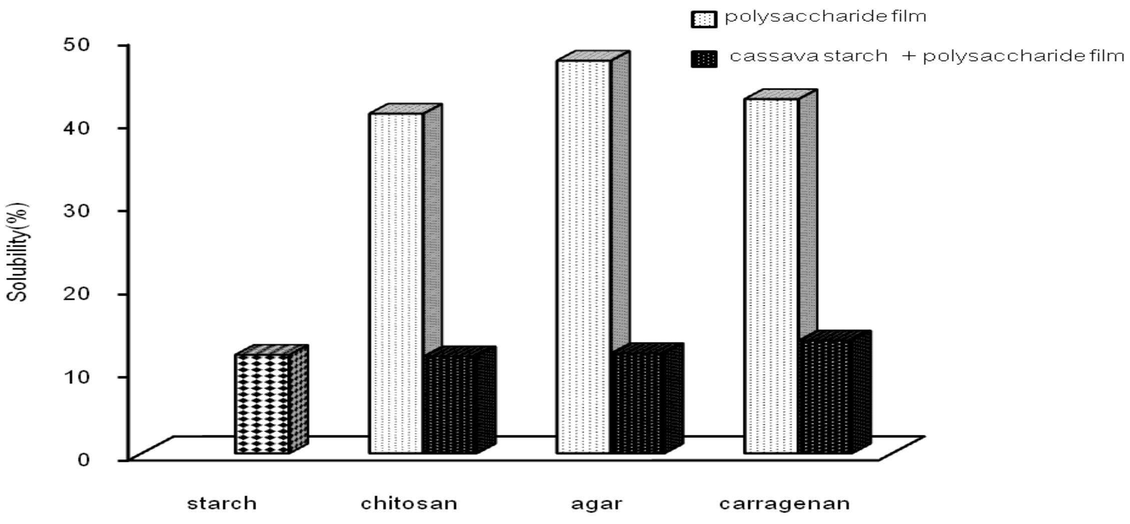


Figure 5 Solubility of cassava starch mixed polysaccharide film

อิทธิพลของสาร Benzyladenine และ Thidiazuron ต่อการชักนำยอดรวมของต้นปูเล่

Effects of Benzyladenine and Thidiazuron on Multipel Shoot Induction of *Brassica oleraceae* L. cu. gr. Collard.

สิริพร สนสารี[1] **และ พจมาลย์ สุรนิลพงศ์**[1]
Sonsaree, S.[1] and Suraninpong, P.[1]

Abstract

Brassica oleraceae L. cu. gr. Collard is a vegetable that Department of Agricultural Extension promoted farmers to grow in their home. The object of this study is to compare the effect of Benzyladenine (BA) and Thidiazuron (TDZ) on multiple shoot induction of *B. oleraceae* L. cu. gr. Collard. Lateral shoot were cultured on MS medium supplemented with 0.1 mg/l TDZ, 0.5 and 1.0 mg/l BA, respectively. After cultured for 8 weeks, the result showed that medium supplemented with 0.1 mg/l TDZ induced the highest percentage of multiple shoot production (6.34 shoots per explants), leaf width (1.19 cm.), leaf length (1.54 cm.) and leaf height (1.22 cm) significantly different from the other medium. Conversely, medium consisted of 0.5 mg/l BA significantly promoted the highest percentage of survival shoot at 90%. While, there was no significant difference in leaf number. Thus, medium supplemented with 0.1 mg/l TDZ was appropriate to use for multiple shoots inducing in *B. oleraceae* L. cu. gr. Collard.

Keywords: *Brassica oleraceae* L. cu. gr. Collard, lateral bud, multiple shoot, tissue culture

บทคัดย่อ

ต้นปูเล่เป็นพืชที่กรมส่งเสริมการเกษตร ส่งเสริมให้เกษตรกรหลายพื้นที่ปลูกในครัวเรือน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ BA และ TDZ ต่อการชักนำยอดรวมของต้นปูเล่ โดยนำชิ้นส่วนตาข้อมาวางเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร BA เข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ หลังจากวางเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า อาหารเติม TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำให้เกิดยอดรวม ความกว้าง ความยาว และความสูงของใบ เท่ากับ 6.34 ยอดต่อชิ้นส่วน 1.19 1.54 และ 1.22 เซนติเมตร ตามลำดับมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากอาหารสูตรอื่นๆ ในขณะที่อาหารเติม BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมความมีชีวิตรอดได้สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 90.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนจำนวนใบต่อข้อ พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการชักนำยอดรวมของต้นปูเล่

คำสำคัญ: ต้นปูเล่ ตาข้อ การชักนำยอดรวม การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

คำนำ

ปูเล่ (*Brassica oleraceae* L. cu. gr. Collard) เป็นไม้ประดับที่นิยมนำมาปลูกเพื่อบริโภค สามารถเจริญได้ดีในทุกสภาพแวดล้อม เป็นพืชที่ใช้สารเคมีน้อย แต่มีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย เนื่องจากเมล็ดปูเล่มีราคาแพง มีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ค่อนข้างต่ำ และต้นที่ได้มีความแตกต่างจากต้นแม่ เกษตรโดยทั่วไปจึงนิยมขยายพันธุ์ปูเล่ด้วยการปักชำกิ่งแขนง วิธีนี้สามารถทำได้ง่าย ต้นกล้าที่ได้ตั้งตัวเร็ว แต่มีข้อจำกัดเรื่องโรคที่ถ่ายทอดจากต้นแม่ ดังนั้นปูเล่ที่กรมส่งเสริมการเกษตรผลิตแจกจ่ายให้กับเกษตรกรส่วนใหญ่ได้จากการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นการขยายพันธุ์พืชที่ใช้เวลาสั้น สามารถเพิ่มจำนวนต้นพืชได้ประมาณ 5-10 เท่า ขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เติมในอาหารเพาะเลี้ยง (วารี, 2542) Benzyladenine (BA) และ Thidiazuron (TDZ) เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มกลุ่มไซโตไคนิน มีประสิทธิภาพสูงในการชักนำการเกิดยอดรวม (สมปอง, 2539) ดังนั้น

[1] สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161
[1] School of agricultural technology, Walailak University, Thasala, Nakhon Si Thammarat, 80161

ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาอิทธิพลของ BA และ TDZ ที่มีผลต่อการชักนำยอดและตาข้างของปูเล่ในสภาพปลอดเชื้อ เพื่อเพิ่มจำนวนต้นปูเล่ให้ได้จำนวนมาก เพื่อเป็นประโยชน์ทางการค้า และแจกจ่ายให้แก่เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจ

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัดชิ้นส่วนตายอดหรือตาข้างของต้นปูเล่อายุ 2 เดือน ในสภาพปลอดเชื้อ ให้มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร นำมาวางเลี้ยงในอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ BA เข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ วางเลี้ยงชิ้นส่วนยอดในอาหารขวดละ 1 ชิ้น ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ จากนั้นย้ายชิ้นส่วนมาเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติม NAA เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อชักนำการเกิดราก วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แต่ละสิ่งทดลองทำ 4 ซ้ำๆ ละ 25 ต้น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโต และความเข้มข้นของ TDZ และ BA มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต การเจริญเติบโตและพัฒนาการของชิ้นส่วนตาข้อปูเล่ อาหารที่เติม TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการสร้างจำนวนยอดต่อชิ้นส่วน ความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงยอดได้สูงที่สุด มากกว่าอาหารที่เติม BA ทั้งสองระดับความเข้มข้น (Table 1 and Figure 1) สอดคล้องกับการศึกษาของ อนุพันธ์ (2549) ที่พบว่าอาหารที่เติม TDZ ความเข้มข้นต่ำ (0.5–2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) สามารถชักนำให้กระเจียวขาวเกิดยอดใหม่ได้มากที่สุด มิ่งขวัญ (2549) รายงานว่า TDZ ทุกระดับความเข้มข้นสามารถชักนำให้หน้าวัวพันธุ์ลินเนตเกิดยอดได้สูงกว่า BA และ Chengalrayan และ Gallo-Meagher (2001) ที่พบว่า TDZ มีผลต่อการเกิดยอดได้ดีกว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่น ได้แก่ BA KN 2iP และ Zeatin

ส่วนผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของ BA ต่อเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต การเจริญเติบโตและพัฒนาการของชิ้นส่วนตาข้อปูเล่ พบว่า อาหารที่เติม BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตและจำนวนใบของต้นปูเล่ได้สูงที่สุด แต่สามารถชักนำการเกิดยอดได้ต่ำที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Mok และ Mok (1994) ที่พบว่า สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนินที่มีความเข้มข้นสูง มีผลทำให้จำนวนยอดที่เกิดขึ้นใหม่มีจำนวนลดลง เนื่องจากชิ้นส่วนพืชเดิมมีไซโตไคนินอยู่แล้ว การเพิ่มไซโตไคนินจากภายนอกให้แก่พืชจนมีระดับความเข้มข้นที่สูงเกินไป จะทำให้เกิดอันตรายต่อเซลล์พืช ส่งผลให้จำนวนยอดและความสูงยอดลดลง และหากวางเลี้ยงต่อไปจะทำให้ชิ้นส่วนมีอาการซีดเหลือง และตายในที่สุด อย่างไรก็ตามพบว่า อาหารเติม BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำการสร้างใบได้สูงที่สุดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นอาหารที่เติม TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เพิ่มปริมาณยอดรวมจากตาข้อของต้นปูเล่ได้ดีที่สุด เพราะสามารถชักนำยอดรวมได้จำนวนมากในระยะเวลาสั้น

สรุปผล

อาหารสูตร MS เติม TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เพิ่มปริมาณยอดรวมจากตาข้อของต้นปูเล่ได้ดีที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542, ปูเล่ ผักประดับ ผัดปลอดสารเคมี, วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ, 35(4): 4-9.

มิ่งขวัญ ทวีทรัพย์, 2549, ผลของสาร Thidiazuron ต่อการเกิดยอดหน้าวัว, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วารี ยินดีชาติ, 2542, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปูเล่, วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ, 35(4): 10-12.

สมปอง เตชะโต, 2539, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช หลักการและพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ. พิมพ์ครั้งที่ 3, ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 135 หน้า.

อนุพันธ์ กงบังเกิด และ พันธิตรา กมล, 2549, ผลของไซโตไคนินและออกซินต่อการพัฒนาของเนื้อเยื่อเพาะเลี้ยงกระเจียวขาว, หน่วยวิจัยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, จังหวัดพิษณุโลก, 2(2): 183-201.

Chengalrayan, K. and Gallo-Meagher, M., 2001, Effect of Various Growth Regulators on Shoot Regeneration of Sugarcane, In Vitro Cell Developmental Biology Plant, 37: 434-439.

Mok, D.W.S. and Mok, M.C., 1994, Cytokinins: Chemistry, Activity and Function, CRC Press. Inc., Florida, p.129-137.

Table 1 Plant growth regulators and concentration on development of *Brassica oleraceae* L. cu. gr. Collard's lateral bud after cultured on MS medium for 8 weeks.

Plant growth regulators and concentrations (mg/l)	Survival rate (%)	No. of multiple shoots/shoot	Plant height (cm)	No. of leaf/ shoot	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)
TDZ 0.1	82.50 ab1	6.34 a	1.22 a	2.22	1.19 a	1.54 a
BA 0.5	90.00 a	1.33 b	1.21 a	3.01	1.07 a	1.29 ab
BA 1.0	70.00 b	1.66 b	0.89 b	2.09	0.06 b	1.07 b
F-test	*	*	*	ns	*	*
C.V. (%)	12.72	45.19	9.03	31.37	19.33	68.5

*significant different at $P \leq 0.05$

[1]Means followed by the same letter within a column were not significantly different at 5 % probability level by Duncan's multiple range test.

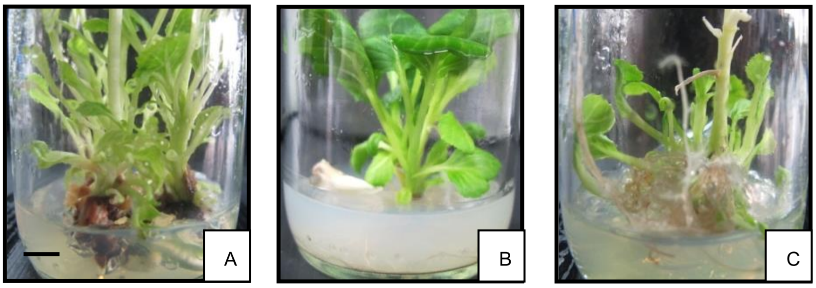


Figure 1 Multiple shoot induction of *Brassica oleraceae* L. cu. gr. Collard cultured in MS medium supplemented with 0.1 mg/l TDZ (A) and BA at 0.5 mg/l (B) and 1.0 mg/l (C) for 8 weeks.

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 617-619 (2013) ว. วิทย์. กษ. 44(2)(พิเศษ): 617-619 (2556)

อิทธิพลของสาร Benzyladenine และ Thidiazuron ต่อการชักนำยอดรวมของต้นปูเล่

Effects of Benzyladenine and Thidiazuron on Multipel Shoot Induction of *Brassica oleraceae* L. cu. gr. Collard.

สิริพร สนสารี[1] และ พจมาลย์ สุรนิลพงศ์[1]

Sonsaree, S.[1] and Suraninpong, P.[1]

Abstract

Brassica oleraceae L. cu. gr. Collard is a vegetable that Department of Agricultural Extension promoted farmers to grow in their home. The object of this study is to compare the effect of Benzyladenine (BA) and Thidiazuron (TDZ) on multiple shoot induction of *B. oleraceae* L. cu. gr. Collard. Lateral shoot were cultured on MS medium supplemented with 0.1 mg/l TDZ, 0.5 and 1.0 mg/l BA, respectively. After cultured for 8 weeks, the result showed that medium supplemented with 0.1 mg/l TDZ induced the highest percentage of multiple shoot production (6.34 shoots per explants), leaf width (1.19 cm.), leaf length (1.54 cm.) and leaf height (1.22 cm) significantly different from the other medium. Conversely, medium consisted of 0.5 mg/l BA significantly promoted the highest percentage of survival shoot at 90%. While, there was no significant difference in leaf number. Thus, medium supplemented with 0.1 mg/l TDZ was appropriate to use for multiple shoots inducing in *B. oleraceae* L. cu. gr. Collard.

Keywords: *Brassica oleraceae* L. cu. gr. Collard, lateral bud, multiple shoot, tissue culture

บทคัดย่อ

ต้นปูเล่เป็นพืชที่กรมส่งเสริมการเกษตร ส่งเสริมให้เกษตรกรหลายพื้นที่ปลูกในครัวเรือน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ BA และ TDZ ต่อการชักนำยอดรวมของต้นปูเล่ โดยนำชิ้นส่วนตาข้อมาวางเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร BA เข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ หลังจากวางเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า อาหารเติม TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำให้เกิดยอดรวม ความกว้าง ความยาว และความสูงของใบ เท่ากับ 6.34 ยอดต่อชิ้นส่วน 1.19 1.54 และ 1.22 เซนติเมตร ตามลำดับมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากอาหารสูตรอื่นๆ ในขณะที่อาหารเติม BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมความมีชีวิตรอดได้สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 90.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนจำนวนใบต่อข้อ พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการชักนำยอดรวมของต้นปูเล่

คำสำคัญ: ต้นปูเล่ ตาข้อ การชักนำยอดรวม การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

คำนำ

ปูเล่ (*Brassica oleraceae* L. cu. gr. Collard) เป็นไม้ประดับที่นิยมนำมาปลูกเพื่อบริโภค สามารถเจริญได้ดีในทุกสภาพแวดล้อม เป็นพืชที่ใช้สารเคมีน้อย แต่มีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย เนื่องจากเมล็ดปูเล่มีราคาแพง มีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ค่อนข้างต่ำ และต้นที่ได้มีความแตกต่างจากต้นแม่ เกษตรโดยทั่วไปจึงนิยมขยายพันธุ์ปูเล่ด้วยการปักชำกิ่งแขนง วิธีนี้สามารถทำได้ง่าย ต้นกล้าที่ได้ตั้งตัวเร็ว แต่มีข้อจำกัดเรื่องโรคที่ถ่ายทอดจากต้นแม่ ดังนั้นปูเล่ที่กรมส่งเสริมการเกษตรผลิตแจกจ่ายให้กับเกษตรกรส่วนใหญ่ได้จากการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นการขยายพันธุ์พืชที่ใช้เวลาสั้น สามารถเพิ่มจำนวนต้นพืชได้ประมาณ 5-10 เท่า ขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เติมในอาหารเพาะเลี้ยง (วารี, 2542) Benzyladenine (BA) และ Thidiazuron (TDZ) เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มกลุ่มไซโตไคนิน มีประสิทธิภาพสูงในการชักนำการเกิดยอดรวม (สมปอง, 2539) ดังนั้น

[1] **สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช** 80161

[1] School of agricultural technology, Walailak University, Thasala, Nakhon Si Thammarat, 80161

ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาอิทธิพลของ BA และ TDZ ที่มีผลต่อการชักนำยอดและตาข้างของปูเล่ในสภาพปลอดเชื้อ เพื่อเพิ่มจำนวนต้นปูเล่ให้ได้จำนวนมาก เพื่อเป็นประโยชน์ทางการค้า และแจกจ่ายให้แก่เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจ

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัดชิ้นส่วนตายอดหรือตาข้างของต้นปูเล่อายุ 2 เดือน ในสภาพปลอดเชื้อ ให้มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร นำมาวางเลี้ยงในอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ BA เข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ วางเลี้ยงชิ้นส่วนยอดในอาหารขวดละ 1 ชิ้น ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ จากนั้นย้ายชิ้นส่วนมาเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติม NAA เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อชักนำการเกิดราก วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แต่ละสิ่งทดลองทำ 4 ซ้ำๆ ละ 25 ต้น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโต และความเข้มข้นของ TDZ และ BA มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต การเจริญเติบโตและพัฒนาการของชิ้นส่วนตาข้อปูเล่ อาหารที่เติม TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการสร้างจำนวนยอดต่อชิ้นส่วน ความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงยอดได้สูงที่สุด มากกว่าอาหารที่เติม BA ทั้งสองระดับความเข้มข้น (Table 1 and Figure 1) สอดคล้องกับการศึกษาของ อนุพันธ์ (2549) ที่พบว่าอาหารที่เติม TDZ ความเข้มข้นต่ำ (0.5–2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) สามารถชักนำให้กระเจียวขาวเกิดยอดใหม่ได้มากที่สุด มิ่งขวัญ (2549) รายงานว่า TDZ ทุกระดับความเข้มข้นสามารถชักนำให้หน้าวัวพันธุ์ลินเนตเกิดยอดได้สูงกว่า BA และ Chengalrayan และ Gallo-Meagher (2001) ที่พบว่า TDZ มีผลต่อการเกิดยอดได้ดีกว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่น ได้แก่ BA KN 2iP และ Zeatin

ส่วนผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของ BA ต่อเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต การเจริญเติบโตและพัฒนาการของชิ้นส่วนตาข้อปูเล่ พบว่า อาหารที่เติม BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตและจำนวนใบของต้นปูเล่ได้สูงที่สุด แต่สามารถชักนำการเกิดยอดได้ต่ำที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Mok และ Mok (1994) ที่พบว่า สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนินที่มีความเข้มข้นสูง มีผลทำให้จำนวนยอดที่เกิดขึ้นใหม่มีจำนวนลดลง เนื่องจากชิ้นส่วนพืชเดิมมีไซโตไคนินอยู่แล้ว การเพิ่มไซโตไคนินจากภายนอกให้แก่พืชจนมีระดับความเข้มข้นที่สูงเกินไป จะทำให้เกิดอันตรายต่อเซลล์พืช ส่งผลให้จำนวนยอดและความสูงยอดลดลง และหากวางเลี้ยงต่อไปจะทำให้ชิ้นส่วนมีอาการซีดเหลือง และตายในที่สุด อย่างไรก็ตามพบว่า อาหารเติม BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำการสร้างใบได้สูงที่สุดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นอาหารที่เติม TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เพิ่มปริมาณยอดรวมจากตาข้อของต้นปูเล่ได้ดีที่สุด เพราะสามารถชักนำยอดรวมได้จำนวนมากในระยะเวลาสั้น

สรุปผล

อาหารสูตร MS เติม TDZ เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เพิ่มปริมาณยอดรวมจากตาข้อของต้นปูเล่ได้ดีที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร, 2542, ปูเล่ ผักประดับ ผัดปลอดสารเคมี, วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ, 35(4): 4-9.

มิ่งขวัญ ทวีทรัพย์, 2549, ผลของสาร Thidiazuron ต่อการเกิดยอดหน้าวัว, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วารี ยินดีชาติ, 2542, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปูเล่, วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ, 35(4): 10-12.

สมปอง เตชะโต, 2539, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช หลักการและพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ, พิมพ์ครั้งที่ 3, ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 135 หน้า.

อนุพันธ์ กงบังเกิด และ พันธิตรา กมล, 2549, ผลของไซโตไคนินและออกซินต่อการพัฒนาของเนื้อเยื่อเพาะเลี้ยงกระเจียวขาว, หน่วยวิจัยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, จังหวัดพิษณุโลก, 2(2): 183-201.

Chengalrayan, K. and Gallo-Meagher, M., 2001, Effect of Various Growth Regulators on Shoot Regeneration of Sugarcane, In Vitro Cell Developmental Biology Plant, 37: 434-439.

Mok, D.W.S. and Mok, M.C., 1994, Cytokinins: Chemistry, Activity and Function, CRC Press. Inc., Florida, p.129-137.

Table 1 Plant growth regulators and concentration on development of *Brassica oleraceae* L. cu. gr. Collard's lateral bud after cultured on MS medium for 8 weeks.

Plant growth regulators and concentrations (mg/l)	Survival rate (%)	No. of multiple shoots/shoot	Plant height (cm)	No. of leaf/ shoot	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)
TDZ 0.1	82.50 ab1	6.34 a	1.22 a	2.22	1.19 a	1.54 a
BA 0.5	90.00 a	1.33 b	1.21 a	3.01	1.07 a	1.29 ab
BA 1.0	70.00 b	1.66 b	0.89 b	2.09	0.06 b	1.07 b
F-test	*	*	*	ns	*	*
C.V. (%)	12.72	45.19	9.03	31.37	19.33	68.5

*significant different at P≤0.05

[1]Means followed by the same letter within a column were not significantly different at 5 % probability level by Duncan's multiple range test.

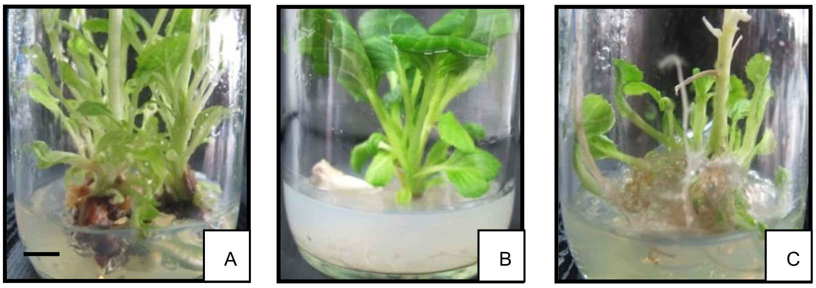


Figure 1 Multiple shoot induction of *Brassica oleraceae* L. cu. gr. Collard cultured in MS medium supplemented with 0.1 mg/l TDZ (A) and BA at 0.5 mg/l (B) and 1.0 mg/l (C) for 8 weeks.

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 639-647 (2013)

The Performance of *PSII* Efficiency and Growth Response to Salt Stress in Three Rice Varieties Differing in Salt Tolerance

Anoma Dongsansuk[1,*], Watanachai Lontom[2], Sadudee Wannapat[1] and Piyada Theerakulpisut[2]

[1]Department of Plant science and Agricultural resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002
[2]Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002
*Corresponding author, e-mail: Danoma@kku.ac.th Tel: +6643342949, Fax: +6643-364636

Abstract: Three-week old seedling of 3 rice varieties: KDML105, RD6 (both moderately salt-susceptible) and Pokkali (salt-tolerant) were treated with 100 mM NaCl for 6 days. Fluorescence (F_v/F_m, $\Delta F/F_m'$, ETR and NPQ) and growth (FW and DW of root and shoot, root/shoot and height) parameters were investigated. The results showed that F_v/F_m in three rice varieties was unaffected by salt stress. In contrast, $\Delta F/F_m'$ and ETR in KDML105 and RD6 showed significant reduction in the salt-treated group compared to the control. Salt treatment resulted in a dramatic increase in NPQ in KDML105 and RD6. However, $\Delta F/F_m'$, ETR and NPQ in Pokkali were unaffected by salt stress. Strong negative correlation was found between NPQ and ETR in all 3 rice varieties. Root and shoot FW in KDML105 treated with salt decreased significantly ($P<0.05$) but its root/shoot was unaffected by salt stress. In contrast, root and shoot growth in RD6 and Pokkali were not affected by salt stress. This result suggested that only the salt sensitive species showed high sensitivity to salt stress. Additionally, *PSII* photosynthetic performance ($\Delta F/F_m'$, ETR and NPQ) was more responsive than growth parameter. Therefore, *PSII* photosynthetic efficiency can potentially be used as an indicator to evaluate salt tolerance in rice seedlings.

Keyword: salt stress, *Oryza sativa*, maximum quantum yield of *PSII* photochemistry, effective quantum yield of *PSII* photochemistry

---

INTRODUCTION

Soil salinity is a major abiotic stress which poses a serious threat to agricultural productivity in several parts of the world which covers approximately 8 % of land area or 953 million ha [24]. Salt-affected areas in Thailand covers approximately 21 million rai which can be separated into 4 million rai in coastal regions and 17 million rai of inland area in the Northeast of Thailand.

Salinity adversely affects metabolic processes during all stages of plant growth and development leading to a dramatic reduction in plant productivity especially in economic crop species which are mostly salt-sensitive [13,19]. Under saline conditions, the alteration of several physiological pathways including photosynthesis, respiration, nitrogen fixation, carbohydrate metabolism, ion balance, mineral nutrition and stomatal behavior results in plant growth

reduction [4,7]. The low water potential of saline soils imposed osmotic stress on plants making it difficult for plants to uptake water. Additionally, accumulation of Na^+ and Cl^- causes toxicity in plant cells [16,18]. Salinity had negative effects on photosynthetic parameters particularly *PSII* functions and inhibits chlorophyll synthesis [5].

Rice (*Oryza sativa* L.) is an important cereal crop essential for more than half of the world's population. Approximately 66% of agricultural land area in Thailand is used for rice growing, but 35% of these areas faces different degrees of soil salinity which arise from underground salt accumulation, salt mining and irrigation [2]. Rice is sensitive to salinity especially during early vegetative and reproductive stages [23]. Several reports showed that fresh and dry weight of rice seedlings decreased with increasing concentrations of NaCl [3,4]. Additionally, shoot and root length and relative growth rate of shoot in rice seedlings also decreased with increasing salinity [4].

Stressful environments including salinity considerably hamper the process of photosynthesis [14] by altering the ultrastructure of chloroplasts, concentration of photosynthetic pigments, Rubisco activity, stomatal regulation as well as *PSII* efficiency [1]. Chlorophyll fluorescence which mainly emanates from *PSII* is a rapid and non-invasive tool used to evaluate photochemical efficiency of *PSII* and useful as an efficient indicator for tolerance to stressful conditions including salinity [15,21]. In rice subjected to salt stress at 6 dS m^{-1} and 12 dS m^{-1} for 7 days, Dionisio-Sese and Tobita (2000) found that the maximum quantum yield of PSII (F_v/F_m) was almost unaffected by salinity whereas the actual quantum yield ($\Delta F/F_m'$) declined with increasing salinity and the degree of reduction was more pronounced in the sensitive varieties. However, Moradi and Ismail (2007) reported no significant reduction in actual quantum yield as a result of similar level of salt stress. In addition, these authors found that non-photochemical quenching (NPQ) dramatically increased while electron transport rate decreased with increasing salt stress, and more sensitive varieties showed higher increase in NPQ than the more tolerant ones. In contrast, no significant changes in maximum quantum yield of *PSII* and ETR were observed in rice seedlings treated with increasing salinity [3].

In view of the conflicting reports, this experiment was designed to compare the chlorophyll fluorescence parameters in three rice varieties differing in salinity tolerance. Changes in *PSII* efficiency will also be discussed in relation to growth reductions. It is believed that the performance of *PSII* would be a good indicator which can indicate the salt tolerance in rice seedlings.

MATERIALS AND METHODS

Plant materials

Seeds of three rice (*Oryza sativa* L. ssp. *ind*ica) varieties, including KDML 105, RD 6 and Pokkali were obtained from Khon Kaen Rice Research Center, and Rice Gene Discovery Unit, Biotec, Thailand. KDML 105 and RD 6 were classified as moderately-salt susceptible and Pokkali was well-known as salt tolerant. Seeds were sterilized with 1.5% calcium hypoclorite, washed extensively with tap water and imbibed for 2 days. Rice seedlings (10 seedling per pot) were grown during May 2013 in plastic pots (16 cm diameter) filled with 3.5 kg of sandy loam soil in the greenhouse at the Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University,

Thailand. Maximum and minimum temperature, and relative humidity, during the growing period were 46 ^{o}C and 24 ^{o}C, and 94% and 23% respectively. Irradiation condition is spectral transmittance of greenhouse roofing approximately 780 µmol $m^{-2}s^{-1}$. Salt stress was imposed by adding 100 mM NaCl (electrical conductivity of 12 ds m^{-1}) to 15 pots of three-week old seedlings while tap water was added to the control pots. Six days after salinity treatment, chlorophyll fluorescence and growth measurements were investigated.

Chlorophyll fluorescence measurement

Chlorophyll fluorescence was investigated in detached leaves of three-week old seedlings using Handy PEA chlorophyll fluorometer (*Hansatech*, Kings Lynn, UK). Maximal quantum yield of *PSII* photochemistry (F_v/F_m) was calculated from minimal (F_o) and maximal (F_m) fluorescence in dark-adapted leaf (1) [22]. Steady state (F_s) and maximal (F_m') fluorescence under an irradiation of 780 µmol photons m^{-2} s^{-1} by spectral transmittance of greenhouse roofing were determined for effective quantum yield of *PSII* photochemistry ($\Delta F/F_m'$) (2) [22].

$$F_v/F_m = (F_m - F_o) / F_m \qquad (1)$$

$$\Delta F/F_m' = (F_m' - F_s) / F_m' \qquad (2)$$

Electron transport rate (ETR) (3) which indicated the capacity of overall photosynthesis was calculated as described by Genty *et al*. (1989). Non photochemical quenching (NPQ) (4) was calculated as described by Bilger and Bjorkman (1990).

$$\text{ETR} = \Delta F/F_m' \times \text{PAR} \times 0.5 \times 0.84 \qquad (3)$$

$$\text{NPQ} = (F_m - F_m') / F_m' \qquad (4)$$

(0.84 is the standard factor that corresponds to the fraction of incident light absorbed by leaf)

Growth measurement

Seedlings sampled after salinization for 6 days were devided into shoots and roots for measuring fresh weight (FW). Each sample was dried in a hot-air oven at 60^{o}C for 72 h for measurement of dry weight (DW). The root/shoot ratio was determined for both FW and DW. Additionally, shoot height of seedlings was measured from above ground to leaf apex.

Statistical data analysis

Statistical data analysis was determined using SPSS version 11 (IBM Corporation, New York, USA). Fluorescence and growth parameters in each variety and in each treatment, and the combination of fluorescence and growth parameters between varieties and treatments were checked for significant differences by ONEWAY ANOVA and TWOWAY ANOVA, respectively. The significant difference between means were determined by Duncan-Multiple Range post hoc test at $P < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The effects of salinity stress on *PSII* efficiency and plant growth were investigated in seedlings of three different rice varieties after 6 days of salt treatment. The maximum quantum yield of *PSII* efficiency, F_v/F_m in all three rice varieties was unaffected by salt stress (Fig. 1). There was no significantly difference ($p>0.05$) in F_v/F_m between the non-salinized and salt

treatment (Table 1). The result agrees with Jamil *et al*. (2007) who investigated the effects of salinity on *PSII* photochemistry of sugar beet and cabbage and found no significant differences in F_v/F_m between the salinized and control leaves. Similar results were found in salt-stressed rice seedlings [3]. This can suggest that *PSII* primary photochemistry in rice seedlings is unaffected by salt stress. However, Ranjbarfordoei *et al*. (2006) found the decrease in F_v/F_m exposed to increasing salt concentrations that was caused by thylakoid membrane and chloroplast damage under salt stress.

The effective quantum yield of *PSII* efficiency, $\Delta F/F_m'$ in KDML 105 and RD6 under salt treatment markedly decreased (from 0.7 to 0.56 and 0.53, respectively) compared to unsalinize treatment (0.70 and 0.70, respectively). In contrast, $\Delta F/F_m'$ in the salt-tolerant Pokkali was unaffected by salt stress (Fig. 2) and remained higher than the values for KDML105 and RD6 (Table 2). Additionally, the change in the electron transport rate, ETR under salt treatment followed similar trend as that in $\Delta F/F_m'$ that is the ETR was dramatically decreased in the susceptible varieties KDML105 and RD6 but was apparently unaffected in the tolerant Pokkali variety (Fig. 3; Table 1). The non-photochemical quenching, NPQ was found to increase enormously in KDML 105 and RD6 (2.06 and 1.47, respectively) under salt treatment compared to the non-salinized treatment (0.31 and 0.22, respectively) (Fig. 4; Table 1). Under salinized treatment, Pokkali showed constantly unchanged in NPQ and the lowest in NPQ (0.28) compared to KDML 105 and RD6 (Table 1). NPQ in all three different rice varieties show a strong negative correlation with ETR (r^2 = 0.87) (Fig. 5). These results accorded to Zhu *et al*. (2011) who reported that salinity stimulated a drastic reduction in $\Delta F/F_m'$ and increase in NPQ in salt suceptible rice plants whereas salinity did not affect those parameters in salt-tolerant cabbage. Additionally, ETR also decreased in the same trend as $\Delta F/F_m'$ under salt stress. ETR is obtained from the quantum yield of *PSII* which indicates the photosynthetic efficiency [12]. These suggested that salinity negatively influences *PSII* efficiency resulting in reduced photosynthetic activity, especially in salt susceptible plant species. It was therefore concluded that $\Delta F/F_m'$, ETR and NPQ can be better indicators to evaluate the effect of salt stress on plant photosynthetic activity.

Growth parameters in all three different rice varieties were determined under non-salinized and salt treatment as shown in Figure. 6 and Table 2. The significant decrease in height of KDML 105 and RD6 seedlings was found under the salt compared to the non-salinized treatment (Fig. 6). In contrast to KDML 105 and RD6, the height of Pokkali seedlings was unaffected by salt treatment. However, salt stress did not cause significant changes in any other growth parameters (FW and DW of roots and shoots as well as root/shoot ratios) except for the reductions in root and shoot FW of KDML105 (Table 2). Application of 100 mM NaCl solution to rice seedlings for 9 days resulted in significant reductions in both FW and DW of KDML105 but did not inhibit growth of Pokkali [17]. Treating 14-days-old rice seedlings with NaCl at 12 dS m^1 for 13 days, Kong-ngern et al. (2012) observed a significant reduction in DW of salt-susceptible cultivars (KDML105 and PT60) but not in Pokkali. Amirjani (2010) also found drastic reductions in seedling height, FW and DW of salt-sensitive rice cultivar Tarm Azmoon when subjected to 100 mM NaCl for 8 days after seed emergence. Therefore, the pattern of growth response to salt stress can be varied depending on the age of rice seedlings as well as the

concentration and duration of salt treatment. In this experiment using a relatively short-term salt treatment, the difference in growth reductions between the salt-tolerant and salt-susceptible rice varieties was not obviously demonstrated. In contrast, the pattern of changes in chlorophyll fluorescence parameters in response to the short-term salt treatment was clearly different between the salt-tolerant and salt-susceptible varieties.

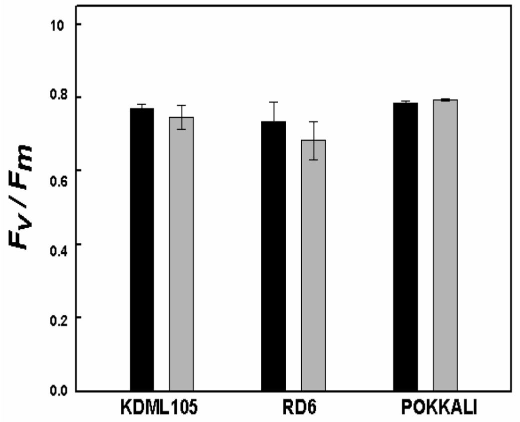


Figure 1. The effect of salinity on maximum quantum yield of *PSII* efficiency (F_v/F_m) investigated on leaves of 3 rice varieties: KDML 105, RD6 and Pokkali. The values are mean ± SE (n=8). Dark column bar: control and grey column bar: salinity treatment.

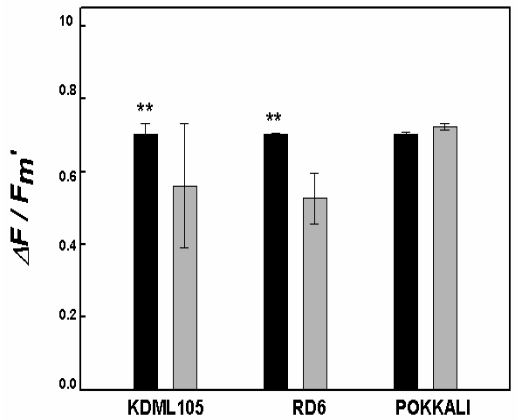


Figure 2. The effect of salinity on effective quantum yield of *PSII* efficiency ($\Delta F/F_m'$) investigated on leaves of 3 rice varieties: KDML 105, RD6 and Pokkali. The values are mean ± SE (n=8). Dark column bar: control and grey column bar: salinity treatment. ** indicated significant differences between control and salinity treatment in the same as rice variety tested by ANOVA at P < 0.05 (n =8).

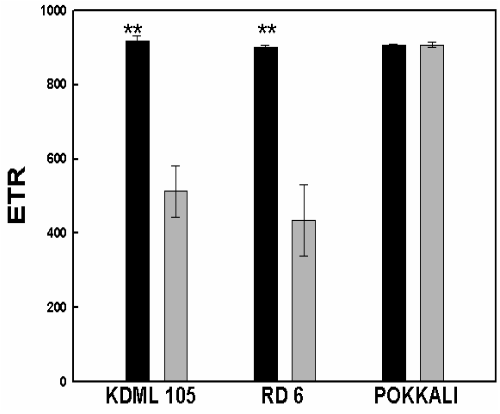


Figure 3. The effect of salinity on electron transport rate (ETR) investigated on leaves of 3 rice varieties: KDML 105, RD6 and Pokkali. The values are mean ± SE (n=8). Dark column bar: control and grey column bar: salinity treatment. ** indicated significant differences between control and salinity treatment in the same as rice variety tested by ANOVA at P < 0.05 (n=8).

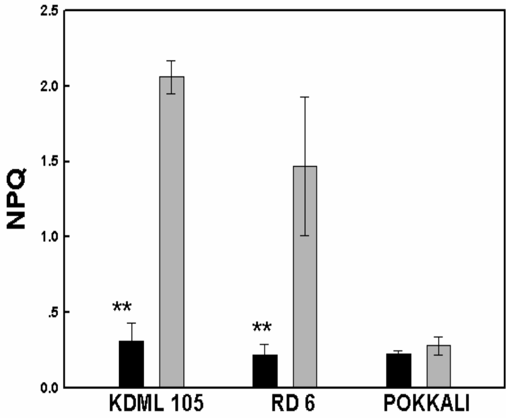


Figure 4. The effect of salinity on non photochemical quenching (NPQ) investigated on leaves of 3 rice varieties: KDML 105, RD6 and Pokkali. The values are mean ± SE (n=8). Dark column bar: control and grey column bar: salinity treatment. ** indicated significant differences between control and salinity treatment in the same as rice variety tested by ANOVA at P < 0.05 (n=8).

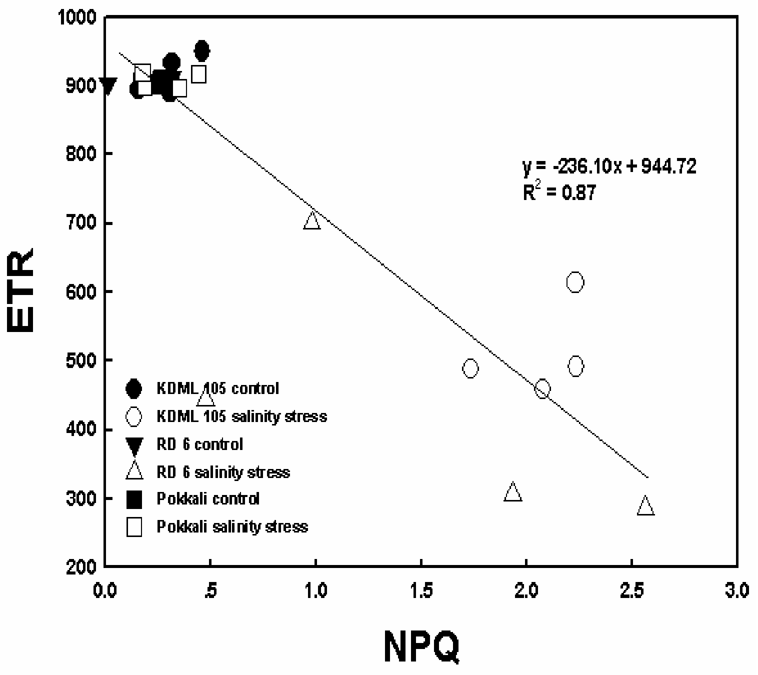


Figure 5. The relation of NPQ and ETR under salinity stress in 3 rice varieties: KDML 105, RD6 and Pokkali. ●: KDML 105 control, ○: KDML 105 salinity treatment, ▼: RD6 control, Δ : RD6 salinity treatment, ■: Pokkali control, □: Pokkali salinity treatment (n=4).

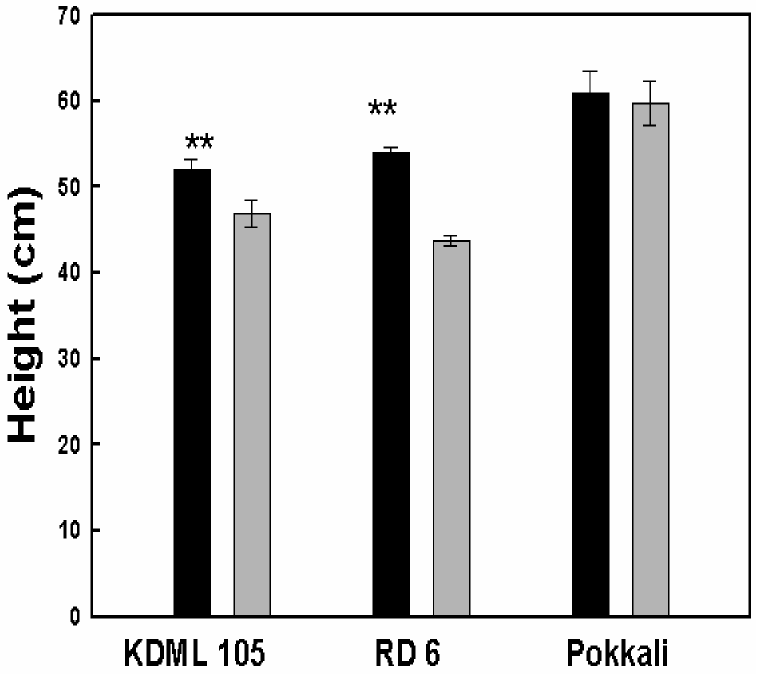


Figure 6. The effect of salinity on height investigated on leaves of 3 rice varieties: KDML 105, RD6 and Pokkali. The values are mean ± SE (n=8). Dark column bar: control and grey column bar: salinity treatment. ** indicated significant differences between control and salinity treatment in the same as rice variety tested by ANOVA at $P < 0.05$ (n =8).

Table 1. F_v / F_m, $\Delta F / F_m'$, ETR and NPQ determined for 3 different Rice varieties: KDML 105, RD 6 and Pokkali under control and salinity condition. The values are mean ± SE (n = 8).

Rice varieties	F_v / F_m		$\Delta F / F_m'$		ETR		NPQ	
	Control	Salinity	Control	Salinity	Control	Salinity	Control	Salinity
KDML 105	0.77 ± 0.01^{A}	0.75 ± 0.032^{A}	0.70 ± 0.03^{A}**	0.56 ± 0.17^{A}	916.97 ± 14.47^{A}**	512.82 ± 68.77^{A}	0.31 ± 0.12^{A}**	2.06 ± 0.11^{A}
RD 6	0.73 ± 0.053^{A}	0.68 ± 0.052^{A}	0.70 ± 0.005^{A}**	0.53 ± 0.07^{A}	902.16 ± 3.33^{A}**	433.95 ± 95.53^{A}	0.22 ± 0.07^{A}**	1.47 ± 0.46^{A}
Pokkali	0.79 ± 0.005^{A}	0.79 ± 0.003^{A}	0.72 ± 0.007^{A}	0.70 ± 0.008^{B}	906.57 ± 1.81^{A}	907.83 ± 5.83^{B}	0.23 ± 0.02^{A}	0.28 ± 0.06^{B}

Different capital letters in each column indicate significant differences tested by ANOVA at P<0.05 (n =8).

** in each parameter indicate significant differences between control and salinity treatment in the same as rice variety tested by ANOVA at P<0.05 (n =8).

Table 2. Root and shoot fresh weight (FW), dry weight (DW), and FW and DW of root/shoot determined for 3 different Rice varieties: KDML 105, RD 6 and Pokkali under control and salinity stress. The values are mean ± SE (n = 8).

Rice varieties	Root FW (g)		Root DW (g)		shoot FW (g)		Shoot DW (g)		Root / Shoot FW		Root / Shoot DW	
	Control	Salinity	Control	Salinity	Control	Salinity	Control	Salinity	control	Salinity	Control	Salinity
KDML 105	1.10 ± 0.13^{A}**	0.69 ± 0.09^{A}	0.67 ± 0.02^{A}	0.72 ± 0.03^{A}	1.43 ± 0.04^{A}**	1.22 ± 0.02^{A}	0.88 ± 0.02^{A}	0.96 ± 0.3^{A}	0.77 ± 0.11^{A}	0.56 ± 0.07^{A}	0.76 ± 0.03^{A}	0.75 ± 0.04^{A}
RD 6	1.22 ± 0.19^{A}	0.92 ± 0.05^{AB}	0.69 ± 0.01^{A}	0.67 ± 0.02^{A}	1.32 ± 0.16^{A}	1.38 ± 0.05^{A}	0.99 ± 0.03^{B}	0.93 ± 0.1^{A}	0.91 ±0.12^{A}	0.67 ± 0.05^{A}	0.70 ± 0.03^{A}	0.73 ± 0.02^{A}
Pokkali	1.23 ± 0.14^{A}	1.12 ± 0.08^{B}	0.82 ± 0.02^{B}	0.85 ± 0.03^{B}	2.27 ± 0.14^{A}	2.03 ± 0.1^{B}	1.15 ± 0.03^{C}	1.15 ± 0.1^{B}	0.55 ± 0.06^{B}	0.55 ± 0.03^{A}	0.70 ± 0.02^{A}	0.74 ± 0.02^{A}

Different capital letters in column indicate significant differences tested by ANOVA at P<0.05 (n = 8).

** in each parameter indicate significant differences between control and salinity treatment in the same as rice variety tested by ANOVA at P<0.05 (n =8).

CONCLUSIONS

Our results indicated that changes in *PSII* efficiency was a good indicator for salt tolerance variety selection, it responded to stress since seedling stage and short period after treatment (6 days). The moderately salt susceptible varieties (KDML and RD6) showed a dramatic reduction in effective quantum yield of *PSII* efficiency ($\Delta F/F_m'$) and electron transport rate (ETR), while non-photochemical quenching (NPQ) was increased. In contrast these photosynthetic parameters were unaffected by salt stress in the salt tolerant variety (Pokkali). All growth parameters of Pokkali were unchanged by salt stress whereas some growth parameters of KDML105 and RD6 were negatively affected. Difference in growth responses was observed between KDML105 and RD6, KDML 105 showed the reductions in both height and FW, while only height was decreased in RD6. Moreover, there were not clear with other growth parameters responded to salinity.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to acknowledge Salt tolerant Rice Research Group, Khon Kaen University for funding our research.

References

1. M. Ashraf and P.J.C. Harris. Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica*. **2013**, 51(2): 163-190.
2. M. Akbar. Breeding for salinity tolerance in rice. In IRRI eds. *Salt-affected soils of Pakistan, India and Thailand*. International. Rice Reseach Institute, Manila, Philippines. **1986**, pp. 39-63.
3. M.R. Amirjani. Effect of NaCl on some physiological parameters of rice. *EJBS.* **2010**, 3(1): 6-16.
4. P. Anotai, P.Theerakulpisut, P., Kijwijan, and N. Muangsan. In vitro investigation on salt tolerant characteristics of rice seedling (*Oryza sativa* L.). *RJABS.* **2009**, 5(4): 423-427.
5. N.R. Baker. Possible role of photosystem II in environmental perturbations of photosynthesis. *Physiol. Plant*. **1991**, 81: 563-570.
6. W. Bilger and O. Björkman. Role of the xanthophylls cycle in photoprotection elucidated by measurements of light-induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in *Hedera canariensis*. *Photosynth Res*. **1990**, 25: 173-185.
7. H.J. Chen, J.Y. Chen and S.J. Wang. Molecular regulation of starch accumulation in rice seedling leaves in response to salt stress. *Acta Physiol. Plant*. **2008**, 30(2): 135-142.
8. M.L. Dionisio-Sese and S. Tobita. Effects of salinity on sodium content and photosynthetic responses of rice seedlings differing in salt tolerance. *J. Plant Physiol.* **2000**, 157: 54-58.
9. B. Genty, J.M. Briantais and N.R. Baker. 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochim. Biophys. Acta*. **1989**, 990(1): 87-92.
10. K. Kong-ngern, S. Bunnag and P. Theerakulpisut. Proline, hydrogen peroxide, membrane stability and antioxidant enzyme activity as potential indicators for salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). *Int. J. Bot*. **2012**, 8(2): 54-65.

11. M. Jamil, S. Rehman and E.S. Rha. 2007. Salinity effect on plant growth, *PSII* photochemistry and chlorophyll content in sugar beet (*Beta vugaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea capitata* L.). *Pakistan J. Bot*. **2007**, 39(3): 753-760.
12. L. Liorens, J. Penuelas and M. Estiarte. Ecophysiological responses of two Mediteranean shrubs, *Erica multiflora* and *Globularia alypum*, to experimentally drier and warmer conditions. *Physiol. Plant*. **2003**, 119: 231-243.
13. S. Mahajan and N. Tuteja. Cold, salinity and drought stress: An overview. *Arch. Biochem. Biophys*. **2005**, 444: 139-158.
14. A.N. Misra, S.M. Sahu, M. Misra, P. Singh, I. Meera, N. Das, M. Kar and P. Sahu. Sodium chloride induced changes in leaf growth and pigment and protein contents in two rice cultivars. *Biol. Plant*. **1997**, 39: 257-262.
15. F. Moradi and A.M. Ismail. Responses of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ROS-scavenging systems to salt stress during seedling and reproductive stages in rice. *Ann. Bot*. **2007**, 99: 1161-1173.
16. N. Kanawapee, J. Sanitchon, P. Srihaban and P. Theerakulpisut. Genetic diversity analysis of rice cultivars (*Oryza sativa* L.) differing in salinity tolerance based on RAPD and SSR markers. *Electron. J. Biotechno*. **2011**, 14(6): 1-17.
17. W. Pattanagul and M. Thitisaksakul. Effect of salinity stress on growth and carbohydrate metabolism in three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance. *Indian Exp. Biol.* **2008**, 46: 736-742.
18. A.K. Parida and A.B. Das. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotox. Environ. Safe*. **2005**, 60(3): 324-349.
19. M. Qadir, A. Tubeileh, J. Akhtar, A. Larbi, P.S. Minhas and M.A. Khan. Productivity enhancement of salt-affected environments throught crop diversification. *Land Degrad. Dev*. **2008**, 19: 429-453.
20. A. Ranjbarfordoei, R. Samson and P.V. Damme. Chlorophyll fluorescence performance of sweet almond (*Prunus dulcis* (Miller) D. Webb) in response to salinity stress induced by NaCl. *Photosynthetica*. **2006**, 44(4): 513-522.
21. O.H. Sayed. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research. *Photosynthetica*. **2003**, 41(3): 321-330.
22. U. Schreiber. Pulse-Amplitude-Modulation (PAM) Fluorometry and Saturation Pulse Method: An Overview. In: Papageorgiou G.C and Govindjee (eds.) Chlorophyll a fluorescence: A signature in Photosynthesis. Springer, Dordrecht. **2004**, pp 279–319.
23. M.C. Shannon, J.D. Rhoades, J.H. Draper, S.C. Scardaci and M.D. Spyres. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in California. *Crop Sci*. **1998**, 38(2): 394-398.
24. G. Singh. Salinity-related desertification and management strategies: Indian experience. *Land Degrad. Dev*. **2009**, 20: 367-385.
25. S.Q. Zhu, M.W. Chen, B.H. Ji, D.M. Jiao and J.S. Liang. Roles of xanthophylls and exogenous ABA in protection against NaCl-induced photodamage in rice (*Oryza sativa* L.) and cabbage (*Brasssica campestris*). *J. Exp. Bot.* **2011**, 62(13): 4615-462

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 648-656 (2013)

Effects of Bio-charcoal and Organic Fertilizer on the Growth of Mini Chinese Kale

Mai Vu Thi[1], Pariyanuj Chulaka[1], Supot Kasem[2] and Pichittra Kaewsorn[1*]

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand
[2] Department of Plant pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand
* Corresponding author: agrpctk@ku.ac.th

Abstract: A pot experiment was conducted in a greenhouse to determine the effects of bio-charcoal and organic fertilizer on the growth of mini Chinese kale (*Brassica oleracea* var. alboglaba Bailey). The experimental design was a randomized complete block with a 4x3 factorial arrangement. Factor A was growing medium: soil, 10:2 soil:rambutan charcoal (v/v), 10:1 soil:Eucalyptus charcoal (v/v), and 10:2 soil:rice-husk charcoal (v/v). Factor B was fertilizer: 46:0:0, vermicast, and commercial bio-extract. Fertilizer applications began one week after transplanting (WAT). Plants were harvested at three WAT. Physical and chemical properties of the growing media were measured before transplanting and after harvesting. Leaf number, stem diameter, and plant height were measured weekly. Fresh and dry weights were also determined. Results showed that, 10:2 soil:rambutan charcoal and 10:2 soil:rice-husk charcoal increased plant growth (20.43 and 19.73 cm in height, 6.17 and 5.85 leaves, 3.69 and 3.87 mm in stem diameter, respectively). Moreover, Chinese kale grown in 10:2 soil:rambutan charcoal and applied with chemical fertilizer had the tallest plants (24.29 cm). Vermicast (18.04 cm) resulted in taller plants compared to commercial bio-extract (17.34 cm).

Keywords: vermicast, rambutan charcoal, rice-husk charcoal, Eucalyptus charcoal, bio-extract

INTRODUCTION

In the agriculture sector, heavy application of fertilizers has polluted surface and groundwater resources. There is an urgent need to find means to reduce pollution. Presently, organic-based agricultural production is a rapidly emerging technology, which partly reduces waste disposal problems through conversion of biodegradable wastes into organic compost. This ensures the availability of organic fertilizer for crop production. In addition, organic – based vegetable production provides unique opportunities for producing high quality vegetables because of reduced chemical application at any given time of the year. It also contributes to rehabilitating and sustaining the fertility of our croplands that have been degraded or are in danger of degradation due to intensive crop production and improper soil management practices (dela Cruz *et al.*, 2008 [11]).

Organic fertilizers, produced by the activity of earthworms from a wide range of organic residues, are commonly named vermicompost and are increasingly used in agricultural practices. Different forms of vermicompost are reported to have a beneficial effect on a number of crops both in greenhouse and field studies on seed germination, activation of growth, protection against pathogens, nematodes and herbivores, and increasing overall crop productivity (Ievinsh, 2011 [5]). According to Sinha *et al.* (2010) [13], use of vermicompost over the years builds up the soil's physical, chemical and biological properties restoring its natural fertility. Subsequently, reduced amounts of vermicompost are required to maintain productivity. Earthworms and their

vermicompost can work as the main "driving force" in sustainable food production for food security while maintaining soil health and fertility. They may eliminate the use of chemical fertilizers and significantly reduce the use of chemical pesticides in crop production as well as the huge water requirement for crop irrigation.

Another emerging area of research revolves around bio-extracts, which are produced by mixing plant and animal residues with sugar. After mixing these ingredients together, fermentation and decomposition processes occur. The new mixture contains organic compounds, vitamins, minerals, hormones, and enzymes. Bio-extracts are type of natural fertilizers that help to develop soil fertility and plant nutrition (Noisopa *et al.* 2010) [3]. According to the Sustainable Agriculture Forum (SAF) [17], bio-extracts can help to lessen the impact of disease, viruses and water pollution affecting fisheries. Bio-extracts also can enhance soil substance and fertility, reduce insects, viruses and other infestation.

One final area of interest is the addition of bio-char (charcoal) to the soil, which can improve soil properties and have other environmental benefits. Glaser *et al.* (2002) [1] reported that charcoal could improve nutrient-retention capacity and increase soil fertility. The improved nutrient retention may also lead to less nutrient leaching. Applying charcoal to soil can improve water holding capacity (Chan *et al.*, 2007) [9]. Charcoal usually increases soil pH because it contains some ash, which can act as a liming agent as well as phosphorus (P) and potassium (K) fertilizer. In addition, Smernik (2009) [12] reported that black C materials have a highly porous structure and can absorb organic contaminants.

Beside these advantages, there are scientific researches indicating negative effects of bio-char on plant growth. According to McClellan *et al.* (2007) [18], most cases of decreased plant growth due to bio-char application can be attributed to temporary levels of pH, volatile or mobile matter, and/or nutrient imbalances associated with fresh bio-char. In many instances, bio-char has been shown to have an initially high pH (alkaline), which is desirable when used with acidic, degraded soils; however, if soil pH becomes too alkaline, plants may suffer nutrient deficiencies. "Mobile matter" refers to tars, resins, and other short-lived substances that remain on the bio-char surface immediately after production and can inhibit plant growth (McClellan *et al.*, 2007 [18]; McLaughlin *et al.*, 2009 [6]).

Informal observations of crop growth after bio-char applications of between 5 and 20 percent by volume of soil have consistently yielded positive and noticeable results. Some research indicates that much lower application rates yielded positive results (Glaser *et al.*, 2002) [1]. Bio-char can also be applied incrementally and incorporated with fertilizer regimens or compost applications. Bio-char as a component of compost can have synergistic benefits. Bio-char can increase microbial activity and reduce nutrient losses during composting (Dias *et al.*, 2010 [2]). In the process, the bio-char becomes "charged" with nutrients, covered with microbes, and pH-balanced, and its mobile matter content is decomposed into plant nutrients.

Recently, insufficient field data is available to make general recommendations on bio-char application rates according to soil types and crops. Also, bio-char materials can differ widely in their characteristics. Thus, the nature of a specific bio-char material (e.g. pH, ash content) also influences application rate. Several studies have reported positive effects of bio-char application on crop yields with rates of 5-50 tones of bio-char per hectare, with appropriate nutrient management. This is a large range, but often when several rates are used, the plots with the higher bio-char application rate show better results (Chan *et al.*, 2008) [8]. Most bio-char materials are not substitutes for fertilizer, so adding bio-char without necessary amounts of nitrogen (N) and other nutrients cannot be expected to provide improvements to crop yield. Ogawa (2011) [10] also reported that the application of wood charcoal with chemical fertilizers, wood vinegar and organic fertilizer gave better results than charcoal itself on tea plants, citrus trees, vegetables, rice plants, apple trees, some leguminous plants and grasses.

The objective of this study was to investigate the effect of soil amendmened charcoal, vermicast, and bio-extract on growth enhancement of Chinese kale. Chinese kale was chosen as

the representative vegetable for growth enhancement because of its high value and consumption. Results are expected to support self-sufficiency agricultural strategies and provide suitable soil amendments to solve pollution and environment problems.

MATERIALS AND METHODS

A pot experiment with Chinese kale (*Brassica oleracea* var. alboglaba Bailey) was conducted in a greenhouse during the summer of 2012 (25 Aug. to 15 Sept.) at the Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Bangkhen Campus, Kasetsart University, Thailand. Biochar was obtained from a local bioenergy pyrolysis unit (Tree products. co., Ltd, Bangkok, Thailand) with a particle size of less than 1 mm (fine). The experimental design was a randomized complete block with a 4x3 factorial arrangement. Factor A was growing medium: soil, 10:2 soil:rambutan charcoal (v/v), 10:1 soil:Eucalyptus charcoal (v/v), and 10:2 soil:rice-husk charcoal (v/v). Factor B was fertilizer: 46:0:0, vermicast, and commercial bio-extract.

Pre-germinated seeds were sown in a cell tray (128 cells) filled with commercial peatmoss. Seedlings with 2 true leaves were transplanted into 10-cm plastic pots filled with growing media [soil, 10:2 soil:rambutan charcoal (v/v), 10:1 soil:Eucalyptus charcoal (v/v), and 10:2 soil:rice-husk charcoal (v/v)], one pot for each seedling.

Vermicast (Wormmill Ltd. 66 Moo 8 Soi Suksawat 20, Bangpakok, Ratchaburana, Bangkok 10140, Thailand) and commercial bio-extract (Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand) were applied weekly after transplanting at rate of 20ml per one liter of water and 10 ml per one liter of water, respectively. Chemical fertilizer was applied at the same time with vermicast and commercial bio-extract at rate of 0.05g urea per one plant by diluting urea with water.

Growing media were sampled before transplanting and after harvesting to measure physical properties including bulk density, total porosity, water holding capacity and air porosity; and chemical properties including pH and EC.

The growth of Chinese kale including height, the number of leaves and stem diameter were measured at 1, 2 and 3 weeks after transplanting. Fresh weight and dry weight of Chinese kale were collected at the harvesting stage (3 weeks after transplanting).

Statistical analysis: Collected data were analyzed using the SPSS statistical package software version 13.0 (Chicago, USA). Differences between means ($P \leq 0.05$) were separated by Duncan’s multiple range tests for both growing media and fertilizers.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The charcoal amendments significantly influenced pH and EC of the soil. Before transplanting, pH was increased by all soil treatments compared with the control. After harvest, the pH was increased by 10:1 soil:Eucalyptus treatment and decreased by 10:2 soil:rambutan and 10:2 soil:rice husk treatment. Before transplanting, EC was increased by 10:1 soil:Eucalyptus and 10:2 soil:rice husk treatments compared to the control. After harvest, EC was increased by 10:2 soil:rice husk treatment (Table 1). This increase of pH might be due to the pH of the tap water used to water the crop.

Table 1 Chemical properties of growing media before transplanting and after harvesting Chinese kale

Factor	pH		EC (dS/m)	
	BT	AH	BT	AH
Growing medium (A)				
Soil (control)	5.88 c	6.61 b	0.87 c	0.37 b
10:2 Soil:Rambutan	6.49 b	6.40 c	0.82 c	0.36 b
10:1 Soil:Eucalyptus	6.89 a	7.05 a	1.04 a	0.42 b
10:2 Soil:Rice husk	5.73 d	6.36 c	0.99 b	0.43 a
F-test	*	*	*	*
Fertilizer (B)				
Chemical (46-0-0)	-	6.29 c	-	0.48 a
Vermicast	-	6.68 b	-	0.34 c
Bio-extract	-	6.83 a	-	0.37 b
F-test	-	*	-	*
A × B	-	*	-	*
CV (%)		6.72		8.03

BT : Before transplanting
AH : After harvesting
Within each column, different letters indicate significant different at $P \leq 0.05$.
NS : Non significant
* : Significantly different at 95%
- : no data

The pH and EC of the growing media were also be affected by different types of fertilizers. Using organic fertilizers (vermicast and commercial bio-extract) increased the pH of the soil medium compared to chemical fertilizer. These results suggested that vermicast and commercial bio-extract could be a potential fertilizer to minimize the use of chemical fertilizer. According to Maynard and Hochmuth (2007) [4], at a pH range of pH 5.5-6.8, Chinese kale is able to grow normally, so the alkalinity of charcoal may not cause any detrimental effect on Chinese kale growth because after mixing with soil, the pH of the soil medium was in a safe zone for Chinese kale to growth.

Bulk density is an indicator of soil compaction and typically expressed in g/cm^3 (USDA Natural Resources Conservation Service, 2008) [19]. The ability of water and solute movement, structural support and soil aeration were demonstrated via bulk density of the soil. Compacted soil has a higher value of bulk density. Table 2 shows the effect of charcoal amendments and fertilizers on the physical properties of growing media before transplanting and after harvesting. Before transplanting, bulk density was increased by rice-husk charcoal and decreased by rambutan charcoal compared with the control. Total porosity was increased by all growing media before transplanting and after harvest. Air porosity before transplanting was increased by Eucalyptus charcoal and decreased by rambutan charcoal and rice husk charcoal. In addition, water holding capacity was increased by all soil treatments compared to the control before transplanting and treatments had no effect after the harvest.

There was no significant difference in the height of Chinese kale at 1WAT and 2 WAT when three different types of fertilizers were applied (Table 3). However, at 3 WAT, plant height was influenced by types of fertilizer. Chemical fertilizer produced tallest plants (22.9 cm) followed by vermicast (18.04 cm), while commercial bio-extract resulted in the shortest plants (17.34 cm).

Plant height of Chinese kale was affected by type of charcoal (Table 3). At 1 WAT, plant height was not influenced by any of the treatments compared to the control. However, plant height was greater on plants growing on10:2 soil:rambutan medium compared to the 10:2 soil:rice husk medium. At 2 WAT, plant height was decreased by Eucalyptus charcoal compared to the control and the remaining treatments which did not differ. At 3 WAT, plant height was increased in plants grown with rambutan and rice husk charcoal. In addition, at 1 WAT, chemical

fertilizer and Eucalyptus increased plant height compared to the control. The remaining combinations of chemical fertilizer, vermicast or bio-extract with charcoal did not influence plant height. At 2 WAT, all combinations of chemical fertilizer, vermicast, and bio-extract with charcoal did not influence plant height. At 3 WAT, only chemical fertilizer plus rambutan charcoal increased plant height compared to the control.

The growth of Chinese kale can be stunted in the condition of nitrogen shortage (Jones, 1998) [7]. The amount of macronutrients and micronutrients in the organic fertilizers was low and not enough for plant to grow, so that using only organic fertilizers did not promote plant growth (Pathanapibul, 2003) [14].

Table 2 Physical properties of growing media before transplanting and after harvesting Chinese kale

Factor	Bulk density (g/cm^3)		Total porosity (%)		Air porosity (%)		Water holding capacity (%)	
	BT	AH	BT	AH	BT	AH	BT	AH
Growing medium (A)								
Soil (control)	0.85 b	0.67	43.38 b	44.32 b	6.22 b	7.15	37.17 c	37.17
Rambutan	0.79 c	0.67	50.12 a	51.73 a	4.42 c	5.82	45.7 a	45.92
Eucalyptus	0.85 b	0.68	49.87 a	49.00 a	8.33 a	6.55	41.53 b	42.45
Rice husk	0.91 a	0.71	50.60 a	50.97 a	3.10 d	7.57	47.50 a	43.40
F-test	*	NS	*	*	*	NS	*	NS
Fertilizer (B)								
Chemical (46-0-0)	-	0.68	-	47.84	-	6.04	-	41.8
Vermicast	-	0.7	-	50.58	-	7.20	-	43.38
Bio-extract	-	0.66	-	48.60	-	7.08	-	41.53
F-test	-	NS	-	NS	-	NS	-	NS
A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	3.72	6.58	4.22	5.06	18.59	21.84	5.05	6.27

BT : Before transplanting
AH : After harvesting
Within each column, different letters indicate significant different at $P \leq 0.05$.
NS : Non significant
* : Significantly different at 95%
\- : No data

Considering only growing media factor, treatments had no effect on stem diameter compared with the control (Table 4). However, 10:2 soil:rambutan charcoal increased stem diameter compared to 10:2 soil:rice husk charcoal at 1WAT. In a contrast, 10:2 soil:rice husk charcoal resulted in increased stem diameter compared to 10:2 rambutan charcoal at 2 WAT. 10:1 soil:Eucalyptus charcoal and 10:2 soil:rice-husk charcoal displayed the highest value of stem diameter (3.93, 3.87 mm, respectively) at 3 WAT. Stem diameter was only influenced by the interaction between growing media and fertilizer factors at 3 WAT. Fertilizer factor also showed a significant influence to the diameter of Chinese kale stem. Chemical fertilizer was significantly different from vermicast and commercial bio-extract while vermicast and commercial bio-extract were not significantly different to each other. Table 5 shows no significant interaction between growing media and fertilizer. Charchoal had no effect on the number of Chinese kale leaves. At 3 WAT, chemical fertilizer (6.66 leaves) increased number of leaves compared with vermicast (5.69 leaves) and commercial bio-extract (5.56 leaves). In contrast, there was no significant difference between vermicast and commercial bio-extract.

For the fresh weight of Chinese kale, there was a significant interaction between charcoal amendments and fertilizers that influenced shoot fresh weight of Chinese kale. In general, there was only a significant difference between rambutan charcoal and Eucalyptus charcoal to the

shoot fresh weight of Chinese kale (Table 6). The root fresh weights all increased with three types of charcoal compared with the control. Of these, there was no significant difference between rambutan charcoal, Eucalyptus charcoal and rice-husk charcoal. In addition, chemical fertilizer increased the fresh weight of Chinese kale compared with vermicast and commercial bio-extract. The dry weight of Chinese kale was not influenced by charcoal amendments while it was affected by the using of fertilizers. Chemical fertilizer showed an increase in the shoot dry weight of Chinese kale (0.91 g) compared to vermicast (0.56 g) and commercial bio-extract (0.57 g).

Table 3 Plant height (cm) of Chinese kale at different periods of growth

Factor		Cultivation (WAT)		
		1	2	3
		Plant height (cm)		
Growing medium (A)				
Soil (control)		8.01 ab	13.97 a	18.90 b
10:2 Soil:Rambutan		8.23 a	14.07 a	20.43 a
10:1 Soil:Eucalyptus		7.80 ab	13.21 b	18.68 b
10:2 Soil:Rice husk		7.76 b	13.85 a	19.73 a
F-test		*	*	*
Fertilizer (B)				
Chemical (46-0-0)		7.92	14.00	22.93 a
Vermicast		8.01	13.79	18.04 b
Bio-extract		8.03	13.53	17.34 c
F-test		NS	NS	*
A × B				
Chemical (46-0-0)	Soil (control)	7.91 b	14.51	23.53 b
	10:2 Soil:Rambutan	8.20 ab	14.47	24.29 a
	10:1 Soil:Eucalyptus	8.00 a	13.16	20.9 c
	10:2 Soil:Rice husk	7.72 b	13.91	23.03 ab
Vermicast	Soil (control)	8.25	14.49	17.71 d
	10:2 Soil:Rambutan	8.16	14.12	18.73 d
	10:1 Soil:Eucalyptus	7.93	13.37	17.95 d
	10:2 Soil:Rice husk	7.71	13.18	17.77 d
Bio-extract	Soil (control)	7.87	12.92	15.48 d
	10:2 Soil:Rambutan	8.33	13.62	18.29 d
	10:1 Soil:Eucalyptus	8.07	13.12	17.19 d
	10:2 Soil:Rice husk	7.87	14.48	18.39 d
F-test		*	NS	*
CV (%)		4.79	4.89	4.92

Within each column, different letters indicate significant different at P ≤ 0.05.
NS : Non significant
* : Significantly different at 95%

According to Tsukagoshi *et al.* (2005) [16] the growth of *Brassica campestris* was not influenced by Japanese pear charcoal commercial with soil, even though the particle size and mixing proportion varied. Tsukagoshi *et al.* (2010) [15] found out other results which were different from the results of their previous studies that the charcoal amendments, including thinned Japanese cedar (*Cryptomercia japonica* D. Don), Moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla* Matsum.), and pruned shoots of Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* var. *culta* Rehd.), inhibited the growth of the first crop.

Plants can absorb only nutrients that are in solution. Nutrients in chemical fertilizers are usually immediately available to plants. Organic fertilizers may take more time to release the nutrients as they need some microbial activity to get them working. Therefore, organic fertilizers (vermicast and commercial bio-extract) may show slower growth in the beginning but when nutrients and growth hormones are slowly released, plants picks up rapidly growth. Further

experiments will be needed to investigate the efficiency of organic fertilizers for vegetable in a long term.

Table 4 Stem diameter (mm) of Chinese kale at different periods of growth

Factor	Cultivation (WAT)		
	1	2	3
	Stem diameter (mm)		
Growing medium (A)			
Soil (control)	2.54 ab	3.50 ab	3.79 ab
10:2 Soil:Rambutan	2.59 a	3.37 b	3.69 bc
10:1 Soil:Eucalyptus	2.54 ab	3.43 ab	3.93 a
10:2 Soil:Rice husk	2.44 b	3.56 a	3.87 a
F-test	*	*	*
Fertilizer (B)			
Chemical (46-0-0)	2.58	3.53	4.03 a
Vermicast	2.48	3.47	3.65 b
Bio-extract	2.52	3.40	3.56 b
F-test	NS	NS	*
A × B	NS	NS	*
CV (%)	6.63	5.63	4.22

Within each column, different letters indicate significant different at P ≤ 0.05.
NS: Non significant
* : Significantly different at 95%

Table 5 Leaf number of Chinese kale at different periods of growth

Factors	Cultivation (WAT)		
	1	2	3
	Leaf number		
Growing media (A)			
Soil (control)	3.22	4.83	5.86
10:2 Soil:Rambutan	3.15	4.83	6.17
10:1 Soil:Eucalyptus	3.23	4.83	6.00
10:2 Soil:Rice husk	3.13	4.72	5.85
F-test	NS	NS	NS
Fertilizer (B)			
Chemical (46-0-0)	3.17	4.96 a	6.66 a
Vermicast	3.21	4.76 ab	5.69 b
Bio-extract	3.16	4.69 b	5.56 b
F-test	NS	*	*
A × B	NS	NS	NS
CV (%)	6.74	5.85	6.36

Within each column, different letters indicate significant different at P ≤ 0.05.
NS: Non significant
* : Significantly different at 95%

Table 6 Fresh weight and dry weight of Chinese kale at harvesting stage

Factor	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
	Shoot	root	Shoot	root
Growing medium (A)				
Soil (control)	7.26 ab	0.53 b	0.71	0.07
10:2 Soil:Rambutan	7.83 a	0.66 a	0.70	0.07
10:1 Soil:Eucalyptus	6.83 b	0.63 a	0.64	0.07
10:2 Soil:Rice husk	7.44 ab	0.67 a	0.66	0.07
F-test	*	*	NS	NS
Fertilizer (B)				
Chemical (46-0-0)	11.41 a	0.67 a	0.91 a	0.07
Vermicast	5.44 b	0.60 b	0.56 b	0.07
Bio-extract	5.18 b	0.59 b	0.57 b	0.07
F-test	*	*	*	NS
A × B	*	NS	NS	NS
CV (%)	12.02	13.27	16.56	18.17

Within each column, different letters indicate significant different at $P \leq 0.05$.
NS: Non significant
* : Significantly different at 95%

CONCLUSIONS

In this study, 10:2 soil:rambutan charcoal and 10:2 soil:rice-husk charcoal resulted in the most efficient growth enhancement (20.43 and 19.73 cm in height, 6.17 and 5.85 leaves, 3.69 and 3.87 mm in stem diameter, respectively). Moreover, Chinese kale grown in 10:2 soil:rambutan charcoal and applied chemical fertilizer had the tallest plants. Considering only organic fertilizers, plants grown in vermicast (18.04 cm) were taller than those in commercial bio-extract (17.34 cm).

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by Thailand International Development Cooperation Agency (TICA).

REFERENCES

1. B. Glaser, J. Lehmann and W. Zech, “Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal - a review”, *Biology and Fertility of Soils,* **2002**, 35, 219-230.
2. B.O. Dias, C.A. Silva, F.S., Higashikawa, A. Roig and M.A. Sánchez-Monedero, “Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification”, *Bioresource Technology,* **2010**, 101, 1239-1246.
3. C. Noisopa, B. Prapagdee, C. Navanugraha and R. Hutacharoen, “Effects of bio-extracts on the growth of Chinese kale”, *Kasetsart J. (Nat. Sci.),* **2010**, 44, 808-815.
4. D.M. Maynard, and G.J. Hocmuth, “Knott’s Handbook for Vegetable Growers”, (5^{th} ed., John Wiley & Sons), New Jersey, **2007**, pp. 621.
5. G. Ievinsh, “Vermicompost treatment differentially affects seed germination, seedling growth and physiological status of vegetable crop species”, *Plant Growth Regulation,* **2011**, 65, 169-181.
6. H. McLaughlin, P.S. Anderson, F.E. Shields and T.B. Reed, “All biochars are not created equal, and how to tell them apart” *Proceedings of North American Biochar Conference, Boulder, Colorado,* **August 2009**, Available Source: http:/www.biochar-international.org/sites/default/files/All-Biochars—Version2—Oct2009.pdf.

7. J. B., Jones, “Plant Nutrition Manual”, CRC Press, Florida, **1998,** 117 pp.
8. K.Y. Chan, L. Van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie and S. Joseph, “Using poultry litter biochars as soil amendments”, *Soil Research*, **2008**, *46,* 437-444.
9. K.Y. Chan, L. Van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie, and S. Joseph, “Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment”, *Australian Journal of Soil Research,* **2007,** *45,* 629-634.
10. M. Ogawa, “Introduction to the Pioneer Works of Charcoal Uses in Agriculture, Forestry and Others in Japan”, **2011**, http://www.geocities.jp/yasizato/pioneer.htm (Accessed: April 2012).
11. N. E. dela Cruz, C. P. Aganon, M.G. Patricio, E. S. Romero, S.A. Lindain and J.L. Galindez, “ Production of organic fertilizer from solid waste and its utilization in intensive organic-based vegetable production and for sustaining soil health and productivity” Food & Fertilizer Technology Center for the Pacific Region, **2008**, Available Source: http://www.agnet.org/library.php?func=view&id=20110804170202, (Accessed: April 2013)
12. R.J. Smernik, “Biochar and sorption of organic compounds”, in “Biochar for environmental management”, (Ed. J. Lehmann and S. Joseph), London: Earthscan, **2009**, 289-300.
13. R.K. Sinha, S. Agarwal, K. Chauhan and D. Valani, “The wonders of earthworms & its vermicompost in farm production: Charles Darwin's 'friends and farmers', with potential to replace destructive chemical fertilizers from agriculture”, Agricultural Sciences, **2010**, 1, 76-94.
14. S. Pathanapibul, “Efficiency of Bioextract on Growth of Some Vegetable Crops in Soilless Culture”, *M.S. Thesis,* **2003**, Kasetsart University, Thailand.
15. S. Tsukagoshi, M. Fukui, H. Shinoyama, K. Noda, and F. Ikegami, “The effect of charcoal amendment on the lettuce growth and NO_3-N discharge from the soil medium”, Acta Hort, **2010**, 852, 319-324.
16. S. Tsukagoshi, Y. Yoshimoto, R. Sato, H. Shinoyama, K. Noda, and Y. Noma, “The availability of carbonized pruned shoot of Japanese pear as vegetable growing media”, Hort. Res. Japan, **2005**, 4(3), 287-290 (In Japanese with English summary).
17. Sustainable Agriculture Forum (SAF), “Bio-Extract”, http://rightslinklao.org/eng/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=78&Itemid=70 (Accessed: Feb 2013)
18. T. McClellan, J. Deenik, G. Uehara and M. Antal, “Effects of flashed carbonized macadamia nutshell charcoal on plant growth and soil chemical properties”, ASA-CSSA-SSSA International Annual Meetings, New Orleans, Louisiana, **2007**, Nov. 4-8.
19. USDA Natural Resources Conservation Service, “Soil Quality Indicators”, **2008**, http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/bulk_density_sq_physical_indicator_sheet.pdf (Accessed: September 2012)

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 657-662 (2013)

Potent Bioactive Compounds from *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 for Control of Plant Pathogens

Pattharaporn Saengthong[1], Saengchai Akepratumchai[1], Sansanalak Rachdawong[1], Phenjun Mekvichitsaeng[2] and Taweerat Vichitsoonthonkul[1],*

[1] Division of Biotechnology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150, Thailand

[2] Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150, Thailand

*Corresponding author: taweerat.vic@kmutt.ac.th

Abstract: Bioactive compounds from *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6, a sterile endophytic fungus isolated from *Stemona burkillii* leave collected from Nahaew District, Loei Province, Thailand, exhibited high antimicrobial activity against many plant pathogens. The purpose of this study was to evaluate the *in vitro* antimicrobial activity of bioactive compounds extracted from *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 against economically important plant pathogenic bacteria (*Erwinia caratovora, Pseudomonas solanacearum*, *Xanthomonas citrii*) and fungi (*Alternaria brassicola*, *A. porri*, *Penicillum* sp., *Fusarium solani*, *F. oxysporum* and *Collectotrichum* sp.). The endophytic fungus *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 was cultured in a liquid medium at 28 ^{0}C, 150 rpm for 6 days. The filtrate of the fermentation medium was extracted with ethyl acetate and concentrated to obtain a crude extract. Minimum Inhibitory Concentration (MIC), Minimum Bactericidal Concentration (MBC) and Minimum Fungicidal Concentration (MFC) of the crude ethyl acetate extract against plant pathogens were determined by using dilution method. The MIC values of the crude extract against all plant pathogens ranged from 31.25 to 125 µg/mL, while the MFC and MBC ranged from 125 to 500 µg/mL. The spectrum of antimicrobial activity observed in the present study revealed that secondary metabolite from *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 could be a promising source of new natural bioactive agents for plant disease management.

Keywords: Endophytic Fungus, *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6, Bioactive Compounds, Antimicrobial Activity, Plant Pathogens

INTRODUCTION

Nowadays, agrochemical usages for protecting plants in agricultural area have negative effects on environment and human health [1]. The natural products that are highly effective, possess low toxicity, and have a minor environmental impact are required. The endophytic fungi, living asymptomatically in healthy plant tissue, can protect their host from diseases and limit the damage caused by plant pathogens [2]. They have been reported to be a promising source of new natural bioactive agents, which strongly exhibit antifungal and antibacterial activity against plant pathogens [3].

Thailand is situated in a hot and humid climatic zone, which supports a variety of plants. *Stemona* (Non-Tai-Yak) the plant in family *Stemonaceae* have long been used traditionally for the treatment of respiratory diseases, enteric helminthes and as insecticides in Thailand. Ratnaranthorn *et al*. [4] isolated endophytic fungi from leaves and roots of *Stemona colinsae, S. bukillii*, *S. tuberosa*, and *S. kerii*. Among endophytic fungi isolated, *Nodulisporium* sp. NHL-L

6/6 from *S. burkillii* leave showed highest activity against test plant pathogenic fungi. In this study, the crude extract of bioactive metabolite produced by *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 was used to evaluate the *in vitro* antibacterial and antifungal activity against plant pathogens.

MATERIALS AND METHODS

Microorganisms

Endophytic fungal strain

An endophytic fungus, *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6, was isolated from *S. burkillii* leaves collected from Nahaew District, Loei Province, Thailand [4].

Plant pathogenic strains

The pathogenic strains used for antimicrobial activity test were bacterial pathogens (*E. caratovora*, *P. solanacearum* and *X. citrii*), and fungal pathogens (*A. brassicola*, *A. porri*, *Penicillum* sp., *F. solani, F. oxysporum*, and *Collectotrichum* sp.).

Preservation of microorganisms

For fungal culture preservation, fungi were grown on potato dextrose agar (200 g of fresh potato, 20 g of dextrose, 15 g of agar and 1000 mL of distilled water) and incubated at 26°C for 5 days, while bacteria were grown on potato sucrose agar (0.5 g of $Ca(N0_3)_2.4H_20$, 2 g of $Na_2HP0_4.12H_20$, 5 g of peptone, 20 g of sucrose, 15 g of agar, 300 g of fresh potatoes and 1000 mL of distilled water) and incubated at 30°C for overnight. The stock cultures were maintained at 4 ^{0}C until used and were subcultured in the same medium once a month. For long-term storage, a few small pieces of fungal mycelia or active bacterial cells were kept in 15% glycerol, and stored at -80°C.

Endophytic Fungal Metabolite Production

Inoculum preparation for liquid culture

For inoculum preparation, *Nodulisporium* sp. NHL-L6/6 was grown on potato dextrose agar (PDA) plates and incubated at 26°C for 5 days. Four plates of 5-day-old fungal culture and 100 mL of sterile distilled water were blended at high speed in a sterile blender.

Cultivation of endophytic fungus in liquid medium

The endophytic fungus *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 was cultured in a liquid medium containing 2.03 g/L yeast extract, 9.86 mL/L whey, 25.08 g/L sucrose and 12.99 g/L glucose. The medium was dispensed in 100 mL amounts in 250 mL Erlenmeyer flasks. The culture medium in each flask was inoculated with 5% (v/v) of inoculum and incubated at 28 ^{0}C, 150 rpm for 6 days.

Extraction of endophytic fungal metabolites

The fermentation broth was harvested and filtered through a piece of nylon filter cloth to remove the fungal mycelia. The filtrate was extracted with one volume of ethyl acetate twice at room temperature. The pooled extract was evaporated in a rotary vacuum evaporator and weighed to constitute a crude extract. The crude extract was dissolved in 5% (v/v) solution of dimethyl sulfoxide (DMSO) to give a final concentration of 10 mg/mL as stock solution and kept at 4 °C in a container wrapped with aluminum foil to protect the antimicrobial compound from light until use.

Determination of Minimum Inhibitory Concentrations (MIC)

The antimicrobial activities of the bioactive crude extracts were assayed against bacterial and fungal pathogens by using broth dilution and agar dilution method, respectively.

Bacterial susceptibility test

The two-fold serial dilutions of crude extract in 5% (v/v) DMSO were performed in the potato sucrose broth (PSB) medium to give the final concentrations of 15.625, 31.25, 62.5, 125, 250 and 500 μg/mL. The solutions of 5% (v/v) DMSO in PSB were used as control. Single colonies of bacterial pathogens was transferred into PSB and incubated overnight at 30 °C, 150 rpm. Bacterial liquid cultures were then added to PSB containing crude extract to obtain a final OD of 0.1 at 540 nm. A final volume of media used for each organism tested was 5.0 mL. All experiments were performed in duplicate. The samples were incubated at 30 ^{0}C for 24 hours. The MIC was defined as the lowest antimicrobial compound concentration at which bacterial growth was not observed.

Fungal susceptibility test

The stock crude extract in 5% (v/v) DMSO was added to molten potato dextrose agar (PDA) to make the final concentrations of 15.625, 31.25, 62.5, 125, 250 and 500 μg/mL. The agars and crude solutions were mixed thoroughly and poured into petri dishes. For the control plates, the PDA with a final concentration of 5% DMSO was performed. The agars were allowed to solidify at room temperature. The plates were placed in laminar flow hood for approximately 30 minutes with their lids open to quickly dry agar surface. Fungal pathogens were grown on PDA and incubated at 30°C for 7 days. The 7-day-old fungal pathogens were cut by using a 6 mm diameter cock borer, and then transferred on to PDA plates with or without antimicrobial solutions. All experiments were performed in duplicate. The culture plates were incubated at 30 ^{0}C for 5 days. The MIC was defined as the lowest antimicrobial compound concentration at which absence of growth compared to that produced by the control plate. Sensitivity of each fungal species to antimicrobial agent was calculated as percentage of mycelial growth inhibition, according to the formula described by Pandey *et al*. [5]: (dc-dt)/dc x 100, where dc = average diameter of the fungal colony of the negative control and dt = average diameter of the fungal colony treated with the antimicrobial agent.

Determination of Minimum Bactericidal Concentration (MBC) and Minimum Fungicidal Concentration (MFC)

To evaluate the MBC, 100 μL aliquots from the antimicrobial compound dilution tubes with no visible growth were spread onto PSA. These plates were incubated at 30 ºC for 24 hours. The lowest antimicrobial compound concentration that yielded three or fewer bacterial colonies was recorded as the MBC. To evaluate the MFC, the agar plugs of fungal pathogens with no visible growth were placed onto the center of new PDA plates and incubated at 30 ºC for 5 days. The complete absence of growth on the agar surface at the lowest concentration of sample was defined as MFC. All experiments were performed in duplicate.

RESULTS AND DISCUSSION

In the present investigation, crude extract of *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 was evaluated for antimicrobial activity against certain bacteria and fungi, which were regarded as plant pathogenic microorganisms. Several important plant pathogens were chosen, including bacteria (*P. solanacearum*, *X. citrii*, and *E. caratovora*) and fungi (*Colletotrichum* sp., *F. solani*, *F. oxysporum*, *A. brassicola*, *A. porri*, and *Penicillium* sp.) in order to examine more closely the

antimicrobial activity of the fungal metabolite. These plant pathogens cause severe diseases in agricultural crops and ornamental plants, resulting in significant production loss.

The present work shows that crude extract exhibited strong inhibitory activity against all test plant pathogens. According to the results given in the Table 1, the minimum inhibitory concentrations (MIC) of the extract that inhibited both bacterial and fungal pathogens were found in the range of 31.25 to 125 µg/mL. The minimum fungicidal (MFC) and minimum bactericidal (MBC) concentrations were found in the range of 125-500 µg/mL.

Table 1 MIC, MBC and MFC of crude extract of *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 culture broth against plant pathogens

Plant Pathogens	MIC (µg/mL)	**MFC**/MBC (µg/mL)
Fungi		
Colletotrichum sp.	62.5	125
F. solani	62.5	125
A. brassicola	62.5	125
A. porri	62.5	250
F. oxysporum	62.5	250
Penicillium sp.	125	500
Bacteria		
P. solanacearum	31.25	125
X. citrii	31.25	125
E. caratovora	125	250

Bacterial pathogens were found to be susceptible to antimicrobial agent more than fungal pathogens. In comparison between bacteria, *P. solanacearum* and *X. citrii* were found to be the most susceptible bacterial pathogens to the antimicrobial agent with the MIC value of 31.25 µg/mL, while *E. caratovora* was the least susceptible bacterial pathogens with the MIC value of 125 µg/mL. The minimum bactericidal concentrations (MBC) of antimicrobial compound that completely killed *P. solanacearum* and *X. citrii* were found at 125 µg/mL, while *E. caratovora* was inhibited completely at 250 µg/mL.

In consideration of fungi, *Penicillium* sp. was less susceptible to antimicrobials with the MIC value of 125 µg/mL while other pathogenic fungi were more susceptible with the MIC value of 62.5 µg/mL. The minimum fungicidal concentrations (MFC) of antimicrobial compound that inhibited fungi completely depended on the strains. *Colletotrichum* sp., *F. solani*, and *A. brassicola* were completely killed when exposed to 125 µg/mL, *A. porri* and *F. oxysporum* were completely killed when exposed to 250 µg/mL, while growth of *Penicillium* sp. were completely prevented when exposed to 500 µg/mL of antimicrobial agent.

According to the results, it was found that the bioactive metabolite showed the property of bacteriostatic or fungistatic agent at low concentration (≤ 125 µg/mL). Upon transfer of fungal culture plug and bacterial suspension to antimicrobial-free medium, the fungi and bacteria

usually start to grow again. There is not always a precise distinction between biostatics and biocides; high concentrations of some biostatic agents are also biocidal, whereas low concentrations of some biocidal agents are biostatic [6]. In this case, the antimicrobial agent showed the biocidal property that killed the fungal and bacterial cells at high concentrations ranging from 125-500 µg/mL.

Table 2 Effect of crude extract of *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 culture broth against fungal plant pathogens

Plant Pathogens	% Mycelial Growth Inhibition*			
	Concentration of crude extract (µg/mL)			
	15.625	31.25	62.5	125
A. porri	12.5±2.1	50.9±3.4	100.0±0.0	100.0±0.0
A. brassicola	12.6±2.2	55.3±2.2	100.0±0.0	100.0±0.0
F. solani	11.1±2.8	41.9±2.8	100.0±0.0	100.0±0.0
F. oxysporum	22.1±2.4	52.6±4.0	100.0±0.0	100.0±0.0
Penicillium sp.	4.8±0.0	17.5±0.0	54.0±3.2	100.0±0.0
Colletotrichum sp.	34.6±3.8	48.9±2.5	100.0±0.0	100.0±0.0

* Mean percentages of mycelial growth inhibition ± S.D.

It was found that high concentrations of antimicrobial agent reduced the colonial growth of fungi significantly. As shown in Table 2, the extract of *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 at the concentration of 15.625 µg/mL showed weak inhibitory effects (less than 40% inhibition) on the growth of *A. porri*, *A. brassicola*, *F. solani*, *F. oxysporum*, *Penicillium* sp. and *Colletotrichum* sp. The crude extract at the concentration of 31.25 µg/mL showed moderate inhibitory effects (41-55%) on the growth of *A. porri*, *A. brassicola*, *F. solani*, *F. oxysporum*, *Penicillium* sp. and *Colletotrichum* sp. The crude extract at the final concentration of 62.5 µg/mL showed moderate inhibitory effects on the growth of *Penicillium* sp. (54.0±3.2%). The mycelial growth of all plant pathogenic fungi was found to be inhibited with 100% efficacy at the concentrations of 62.5 to 125 µg/mL.

This study is a preliminary evaluation of bioactive compounds produced by *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6. The inhibitory effects of the culture extract of *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 on both bacterial and fungal phytopathogens may be indicative of the presence of more than one broad-spectral antimicrobial compound or normally secondary metabolite. When compared the growth inhibitory effect on each group of phytopathogens (i.e. bacteria and fungi), MIC varied with different microbial species. This could be due to the different ecological niches of these plant pathogens since they were isolated from different infected plant species and tissues and moreover, their different protective mechanisms.

CONCLUSION

The development of natural antimicrobial metabolite would help to decrease the negative effect of synthetic agents, such as residues, resistance and environmental pollution. In this respect, natural antimicrobials may be effective, biodegradable, and less toxic to the environment

as well as agriculture industries. As the crude extract of bioactive metabolites from *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 showed broad spectrum of antimicrobial activity against plant pathogens, thus, it can be concluded that the antimicrobial compounds from *Nodulisporium* sp. NHL-L 6/6 are promising novel types of natural pesticides to control several plant pathogens causing severe diseases in crops and vegetables.

REFERENCES

1. G.A. Strobel and B.H. Daisy, "Bioprospecting for Microbial Endophytes and Their Natural Products", *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, **2003**, 67, 491–502.
2. F.K. Gao, C.C. Dai and X.Z. Liu, "Mechanisms of fungal endophytes in plant protection against pathogens", *African Journal of Microbiology Research*, **2010**, 4(13), 1346-1351.
3. J.Y. Li and G.A. Strobel, "Jesterone and hydroxy-jesterone anti-oomycete cyclohexenenone epoxides from the endophytic fungus *Pestalotiopsis jester*", *Phytochemistry*, **2001**, 57, 261–265.
4. N. Ratnarathorn, K. Phoemsuk, and T. Vichitsoonthonkul, "Active Metabolites against Plant Pathogenic Fungi from Endophytic Fungi Isolated from *Stemona* spp.", *Agricultural Sci. J.*, **2009**, 40, 114-117.
5. A. Pandey, A. Shukla and S.K. Majumdar, "Utilization of carbon and nitrogen sources by *Streptomyces kanamyceticus* M 27 for the production of an Antibacterial antibiotic", *African Journal of Biotechnology*, **2005**, 4 (9), 909-910.
6. G.A. Pankey and L.D. Sabath, "Clinical relevance of bacteriostatic versus bactericidal mechanisms of action in the treatment of Gram-positive bacterial infections", *Clin. Infect. Dis.*, **2004**, 38 (6), 864–870.

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 663-672 (2013)

Fumigation with Ozone to Extend the Storage Life of Mango Fruit cv Nam Dok Mai No. 4

Tran, T.T.L.[1], Aimla-or S.[1], Srilaong, V.[1], Jitareerat, P.[1], Wongs-Aree, C.[1] and Uthairatanakij, A.[1]

[1]Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntein Rd., Thakham, Bangkhuntein, Bangkok, 10150

* Corresponding author, e-mail:apiradee.uth@kmutt.ac.th

Abstract: Ozone has been used as a postharvest treatment to delay the physiological and biochemical changes in fruit during storage. In this study, mango fruit (*Mangifera indica* L.) cv Nam Dok Mai No. 4 were fumigated with ozone at the concentrations of 2 µL L^{-1} for 20 min and 10 µL L^{-1} for 10 min on arrival and after 3 days of storage compared to untreated fruit. Fruit were stored in ambient temperature (25 ºC) to determine the effects of ozone on mango quality. Ozone at 10 µL L^{-1} significantly decreased the respiration rate at day 4 and day 6 compared with the control. After treatment, ethylene production was reduced in treated fruit, but at day 4 and day 6, the higher ethylene production was detected in ozone treatments. The lower L* and b* values in mango peel were found in 10 µL L^{-1} ozone at day 4. In the pulp, both ozone concentrations decreased the a* values and increased the hue angle values at day 6. Ozone at 10 µL L^{-1} reduced the weight loss of mango at day 6. However, no significant differences were detected in the fruit firmness, soluble solid content and titratable acidity among treatments. In conclusion, fumigation with ozone on mango fruit at the concentration of 10 µL L^{-1} for 10 min at day 0 and day 3 could suppress the respiration rate, decrease the colour changes in the peel and the pulp, and reduce weight loss. These effects contributed to extend the storage life of mango fruit after harvest.

Keywords: ozone fumigation, colour change, storage life, mango.

INTRODUCTION

Mango fruit (*Mangifera indica* L.) is an economically important fruit in the tropics. In Thailand, 'Nam Dok Mai' is a well known cultivar as it is fibreless, it also has a delicious taste and sweet aroma. However, as a fleshy fruit, the losses resulting in senescence, desiccation, physiological disorders, mechanical injuries and microbial spoilage can occur at any point from harvest to utilization [1]. According to Sarkar [2] the total postharvest loss of mango was found as much as 34% due to improper handling and storage. Recently, ozone applications on postharvest commodities, including mango fruit were reported to be an effective method in delaying ripening, reducing microbial contamination and improving fruit quality during storage.

Ozone (O_3) is a molecule comprising three oxygen atoms. It has an oxidation reduction potential of 2.07 eV, which is much higher than that of chlorine, hypochlorous acid and hydrogen

peroxide [3]. Ozone is an unstable molecule; the half life of ozone in water is about 20-30 min at room temperature [4]. The half-life of ozone in air depends on temperature, humidity and the presence of reactable substrates [5]. Nagy [6] reported that the half life of ozone in air at 20 °C is about three minutes, but increase to six minutes at 4°C. The use of ozone in packinghouses and storage rooms includes the control of postharvest diseases on fruit, retarding the production of spores from decaying fruit, sanitation of surfaces, odor elimination for mix storage and ethylene removal [7-8]. Ozone is very effective in removing ethylene through a chemical reaction to extend the storage life of many fruits and vegetables [9]. Treatment with ozone can extend the shelf life of apples, grapes, oranges, pears, raspberries and strawberries by reducing microbial populations and by oxidizing ethylene to retard ripening [10]. Ozone is considered a potential tool to extend storage life (i.e., fruit ripening delay/firmness retention) with the added advantage of controlling disease proliferation [11-14]. Gaseous ozone treatment at the concentration of 4 µL L^{-1} for 30 min every 3 hours for 15 days on whole and sliced tomatoes retained good appearance, overall quality and reduced microbial counts [12]. Tzortzakis [14] reported that gaseous ozone at 0.005-0.1 µmol mol^{-1} maintained soluble sugars, increased carotene, lutein and lycopene, and maintained firmness of tomatoes. Fumigation with gaseous ozone at 200 µL L^{-1} for 2, 4 and 6 hours reduced the growth of green mold on the tangerine fruit peel and decreased superoxide dismutases, catalase, and ascorbate peroxidase in the peel [15]. Rodoni [16] proved that the application ozone gas at 10 µL L^{-1} in 10 min on tomatoes delayed softening, and reduced fruit damage and weight loss. Because of its strong oxidizing activity, ozone may cause physiological injuries to produce [17]; bananas developed black spots after 8 days of exposure to 25 and 30 ppm gaseous ozone. Carrots exposed to ozone gas during storage had a lighter, less intense colour than the control [18]. The objective of this study was to investigate the effects of gaseous ozone at low and high concentrations on the storage life of mango fruit cv Nam Dok Mai No. 4.

MATERIALS AND METHODS

Fruit materials and ozone fumigation. Mango fruit cv Nam Dok Mai No. 4 at the mature stage were purchased at the wholesale market (Pak Khlong Talat) in Bangkok, Thailand and transported to the laboratory of Postharvest Technology Division, King Mongkut's University of Technology, Thonburi. Mangoes with blemishes and other defects were eliminated. The selected fruit were washed with clean water and disinfected with 100 ppm Clorox (NaOCl), and then air dried for 30 min. Fruit were placed in a hermetic transparent glass chamber (50 x 30 x 30 cm) for ozone fumigation at 25 ºC. In the treatment of the high concentration (10 µL L^{-1}), ozone was applied by the ozonizer - model B6ATP, Euro Entech Co., LTD - Thailand, with a capacity of 2,500 mg h^{-1}. In this system, ozone was generated by electric discharge from pure oxygen; the concentration of ozone was measured by an ozone gas sampling pump with detector tube (GASTEC Model GV-100 – Japan). When the ozone release reached the expected concentration, the generator was switched off and the fruit were continued to keep in the chamber for 10 min. In the treatment of the low concentration (2 µL L^{-1}), ozone was applied by the ozonizer with a capacity of 500 mg h^{-1}. After reaching the concentration, fruit were continued to keep in the chamber for 20 min. In both ozone treatments, ozone was applied twice; one was on arrival (day 0) and the other was after 3 days of storage. Fruit with non-ozone fumigation were the control

fruit. After treatment, all fruit were stored at 25 ºC and randomly taken to determine parameters at day 0 and 2 day intervals during storage (three replicates of eighteen fruit per treatment).

Respiration rate and ethylene production. In order to investigate the effect of ozone on the physiological changes immediately after treatment, the respiration rate and ethylene production were measured after ozone fumigation at day 0. After that, these parameters were determined at 2 day intervals during storage. Samples of fruit were weighed and put in a closed plastic box, and then incubated at 25 ºC for 1 hour. One mL gas sample from the headspace of each box was injected into the gas chromatograph (Shimadzu GC-2014 ATF, Bara Scientific Co., Ltd) to measure CO_2 and C_2H_4 concentrations. The fruit respiration rate was expressed as mg CO_2 kg^{-1} h^{-1} and ethylene production was expressed as µL C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}.

Fruit colour. The colour of the peel and pulp of fruit was recorded from 3 positions of each mango by the colourimeter (Konica Minolta CR-400, Japan). The colour was expressed as the values of L*, a*, b* and hue angle (h).

Firmness. Fruit firmness was measured by using the texture analyzer (TA.XT plus, Charpa Techcenter Co.LTD) with the non-destructive method (limited distance compression), fitted with an 3.5 cm flat probe, return distance: 45 mm, return speed: 20 mm sec^{-1}, and contact force: 10 g. Results were expressed in Newtons (N).

Weight loss. Individual fruit were weighed at day 0 and 2 day intervals to detect the decrease of fruit weight during storage. Results were expressed as a percentage of weight loss relative to the initial weight.

Soluble solid contents (SSC) were measured by the refractometer (Atago, PAL-1, Japan) and expressed as °Brix.

Titratable acidity (TA) was determined by titration with 0.1 M NaOH and expressed as a percentage of citric acid.

Statistical analysis. The Statistical Package for the Social Science (SPSS) software for Windows was used for analysis of variance (ANOVA) and least-significant difference (LSD) at the 95% confidence level of each variable value under the completely randomized design (CRD).

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of ozone treatments on ethylene production

Ozone treatments in both concentrations (2 µL L^{-1} for 20 min and 10 µL L^{-1} for 10 min) significantly ($p \leq 0.05$) reduced ethylene production immediately after treatment. The results showed that ethylene production of untreated fruit were about 1.5-fold higher than treated fruit after ozone fumigation. However, ethylene production in treated fruit increased at day 2 and remained significantly higher than untreated fruit at day 4 and day 6 (Fig 1A). At day 6, ethylene emission in ozone treatment at 10 µL L^{-1} was significantly lower than the ozone treatment of 2 µL L^{-1}, but significantly higher than the control.

Ozone reacting with ethylene was found in many kinds of fruit, Skog and Chu [19] reported that ozone at 0.4 ppm was attributed to the oxidation of ethylene in the cool storage

room and increased the shelf-life of apples and oranges. Similarly, ozone at 0.4 ppm applied in the storage room could effectively prevent ethylene accumulation in apples and pears [20]. Wild [21] found that ozone at very low levels could also reduce ethylene in citrus fruits during storage. In this research, ozone may react rapidly with ethylene in fruit, so the concentrations of ethylene in treated fruit after ozone fumigation at day 0 decreased immediately. However, ozone may induce oxidative stress in fresh fruit which promotes various physiological responses, including synthesis of ethylene [5]. The increase of ethylene emissions at day 2 and day 4 may be due to the trigger of ethylene synthesis after stress by ozone treatments at day 0 and day 3.

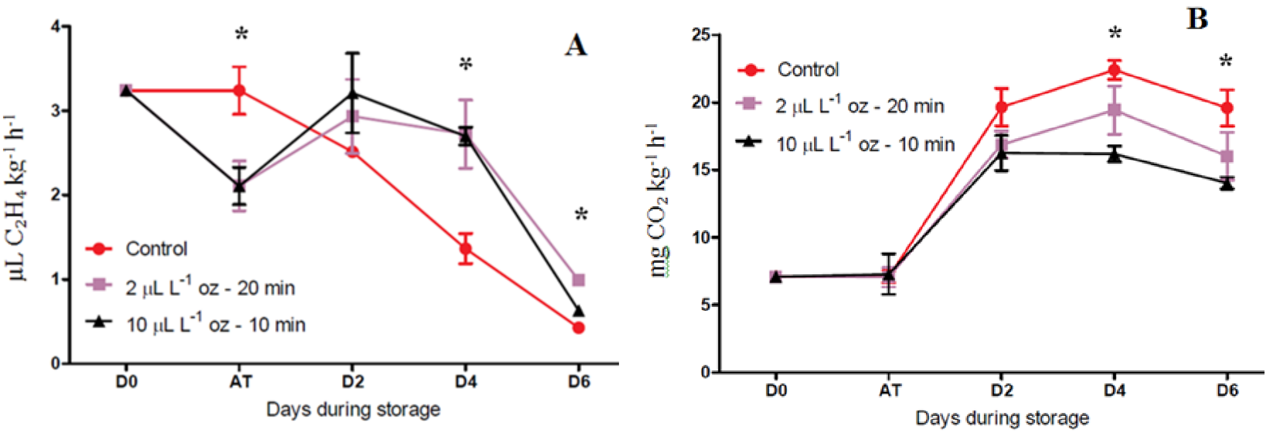


Fig 1. Effect of ozone treatments on ethylene production (A) and respiration rate (B) in mango fruit. Vertical bars represent S.E of means and are invisible when the values are smaller than the symbol. Asterisks stand for significant differences among treatments at $p \leq 0.05$ (LSD test). AT = after treatment at day 0.

Effect of ozone treatments on respiration rate

Respiration rates in all treatments increased from the early stage of storage to day 4 and then decreased slightly. In this research, ozone treatments revealed a lower respiration rates during storage. However, only the treatment of high ozone concentration showed a significant difference in comparison to the control (at day 4 and day 6) (Fig 1B). Many research proved that the efficacy of ozone inhibiting the respiration rate depends on the type of produce and the ozone concentration. Ozone treatment prolonged the shelf life in tomatoes due to a lower respiration rate and C_2H_4 emission [11]. Gane [22] observed that the exposure of ripe bananas to 1.5-1.7 ppm ozone did not change the respiration rate and extended fruit shelf life. Palou [23] detected a similar CO_2 and C_2H_4 emission in O'Henry peaches under ozone or air treatment. In particular, Rodoni [16] reported that the respiration rates increased immediately after treatment, but no differences were found afterward between controlled tomatoes and treated fruit.

Effect of ozone treatments on mango colour

Mango peel colour

There was a slight effect of ozone treatment on the change of mango peel colour. The treatment of 10 μL L^{-1} ozone significantly lowered the L* value and the b* value at the 4th day of

storage compare with control treatment (Table 1). No significant differences in the a* values and hue angle values of mango peel were detected among treated and untreated fruit.

Table 1. The changes of colour in mango peel as influenced by ozone treatments

Peel colour parameters	Treatments	Day 0	Day 2	Day 4	Day 6
L* values	Control	62.85± 0.30	64.88 ± 0.11	67.93 ± 0.87 **a**	65.11 ± 1.30
	2 µLL^{-1}/20 min	62.85± 0.30	63.35 ± 1.92	65.02 ± 1.06 **ab**	61.57 ± 3.34
	10 µLL^{-1}/10 min	62.85± 0.30	62.14 ± 1.49	63.50 ± 1.16 **b**	66.03 ± 0.85
a* values	Control	-11.35 ± 0.25	-11.20 ± 0.58	-8.33 ± 0.97	-2.35 ± 0.28
	2 µLL^{-1}/20 min	-11.35 ± 0.25	-11.24 ± 0.17	-10.51 ± 1.10	-2.51 ± 0.08
	10 µLL^{-1}/10 min	-11.35 ± 0.25	-10.87 ± 0.67	-9.23 ± 0.46	-2.74 ± 0.27
b* values	Control	19.15 ± 0.47	25.15 ± 1.09	31.22 ± 1.68 **a**	29.23 ± 2.32
	2 µLL-1/20 min	19.15 ± 0.47	24.42 ± 0.43	27.02 ± 0.97 **ab**	24.76 ± 2.69
	10 µLL-1/10 min	19.15 ± 0.47	24.09 ± 2.58	24.12 ± 0.88 **b**	29.61 ± 1.88
h values	Control	120.3± 0.5	114.7 ± 2.0	105.0 ± 1.5	96.1 ± 6.2
	2 µLL-1/20 min	120.3± 0.5	116.0 ± 0.5	11.3 ± 2.7	94.2 ± 0.6
	10 µLL-1/10 min	120.3± 0.5	114.8 ±3.9	111.0 ± 1.5	96.7 ± 1.0

Values represent mean (± S.E.) of measurements recorded on three replicates. Values followed by the different letters within the same column indicate significant differences among treatments at $p \leq 0.05$ (LSD test).

In this research, the lightness (L*) values in mango peel increased when the fruit started to ripen and reduced when the fruit turn overripe. The peak of L* values of 10 µL L^{-1} ozone treatment slowed down by 2 days compare to control treatment. It is suggested that ozone treatment at 10 µL L^{-1} may delay the change of fruit peel colour during fruit storage.

Mango pulp colour

Ozone treatments in both low and high concentrations lowered the colour change in mango pulp at the later stage of storage. The results showed the significantly lower a* values and the significantly higher h values in ozone treated fruit at the 6th day of storage compared with untreated fruit (Table 2). However, no significant differences in the L* and b* values of mango pulp were observed among treatments during storage.

According to El-Saedy [24], the skin color of mango did not change significantly during storage and remained green in all ozone treated and untreated fruit, but ozone treatment significantly slowed the colour changes in mango flesh. Sharpe [25] reported that ozone treatment at 450 ppb did not significantly affect the chlorophyll fluorescence of apples and grapes over a period of 12 days. In addition, there were no significant colour changes over time in lightness, chroma and hue parameters in control or ozone treated apples. The same results were found by the research of Rodoni [16]; no difference in fruit colour was observed between the control and ozone treated tomatoes. In this research, ozone treatments suppressed the colour change of mango peel and pulp at the later period of storage due to the decrease of the changes in

the lightness and hue parameters. Only the high concentration of ozone significantly lowered the change of mango peel, while both low and high ozone concentrations affected the change of mango pulp.

Table 2. The changes of colour in mango pulp as influenced by ozone treatments

Pulp colour parameters	Treatments	Day 0	Day 2	Day 4	Day 6
L* values	Control	87.10 ± 0.19	80.07 ± 1.23	77.88 ± 0.69	72.56 ± 1.24
	2 μLL^{-1}/20 min	87.10 ± 0.19	82.17 ± 0.66	78.64 ± 0.39	72.93 ± 1.07
	10 μLL^{-1}/10 min	87.10 ± 0.19	81.09 ± 0.57	78.93 ± 0.59	73.86 ± 0.72
a* values	Control	-2.38 ± 0.26	-2.06 ± 0.50	1.56 ± 0.47	8.11 ± 0.34 **a**
	2 μLL^{-1}/20 min	-2.38 ± 0.26	-2.85 ± 0.78	-0.38 ± 0.97	6.67 ± 0.23 **b**
	10 μLL^{-1}/10 min	-2.38 ± 0.26	-2.34 ± 0.71	0.44 ± 0.88	7.06 ± 0.28 **b**
b* values	Control	24.64 ± 0.45	42.40 ± 1.47	48.48 ± 1.71	52.01 ± 0.49
	2 µLL-1/20 min	24.64 ± 0.45	42.65 ± 0.98	47.33 ± 1.20	52.42 ± 0.69
	10 µLL-1/10 min	24.64 ± 0.45	43.85 ± 1.89	50.78 ± 1.33	52.19 ± 0.41
h values	Control	95.10 ± 0.87	92.83 ± 0.78	88.13 ± 0.61	81.14 ± 0.35 **b**
	2 µLL-1/20 min	95.10 ± 0.87	93.85 ± 1.10	90.51 ± 1.19	82.75 ± 0.27 **a**
	10 µLL-1/10 min	95.10 ± 0.87	93.15 ± 1.06	89.56 ± 1.00	82.30 ± 0.34 **a**

Values represent mean (± S.E.) of measurements recorded on three replicates. Values followed by the different letters within the same column indicate significant differences among treatments at $p \leq 0.05$ (LSD test).

Effect of ozone treatments on fruit weight loss

During storage, the weight loss of fruit treated with ozone at 10 $\mu L\ L^{-1}$ showed the lowest values. At day 6, the weight loss of this treatment was reduced significantly compared to the ozone treatment at low concentration as well as the control treatment (Fig 2A). The maintenance of fruit weight by the ozone treatment was reported by Rodoni [16]; the weight loss of tomato fruit increased during storage in both the control and ozone treatments; then, after 9 days at 20 ºC, ozone exposed tomatoes at 10 $\mu L\ L^{-1}$ showed reduced weight loss. Ozone exposed papaya fruit from 1.5 to 5.0 ppm had reduced weight loss [26]. In contrast, Tzortzakis [14] reported that weight loss of tomato fruit was found to be unaffected by low level ozone treatment, but was increased by exposure to higher concentrations of ozone. Ozone treatment at 150 ppb on mango showed the higher weight loss [24]. This finding was also observed in a range of other fresh commodities including 'Howes' cranberries [27], 'Casselman' plums [28], 'Zee Lady" peaches [23, 29], and tomatoes [30]. It has been suggested that higher levels of ozone may result in damage to the cuticle and/or epidermal tissues [23] and higher weight loss. Ali [26] suggested that the greater thickness of papaya cuticle compared to other fruit such as tomatoes and cranberries could be the reason for the reduced weight loss in ozone treated papaya. In this

research, the decrease of weight loss in the treatment of 10 µL L^{-1} ozone may be due to the suppression of respiration rate and the fruit skin structure.

Effect of ozone treatments on fruit firmness

Ozone treatments in low and high concentrations did not affect fruit firmness. Although the highest firmness of mango fruit was detected in ozone treatment at 10 µL L^{-1} during storage, but no significant differences were detected among ozone treated and untreated fruit (Fig 2B). The same observation was found by Sharpe [25]; the firmness of apples, carrots and grapes were not significantly affected by ozone treatment at 450 ppb. Ozone treatments did not alter the activity of polygalacturonase and galactosidase [16]. In contrast, Tzortzakis [14] showed that ozone treatment maintained the firmness of tomatoes during storage. Similar finding in mango, ozone treated fruit at 150 ppb after 48 hours of storage were firmer than untreated fruit [24].

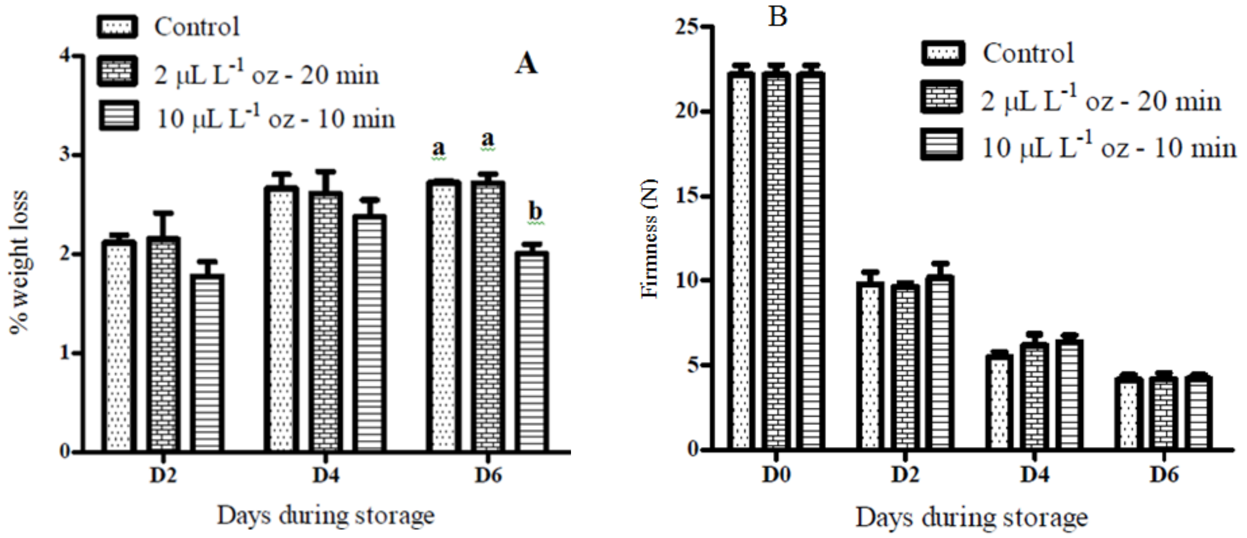


Fig 2. Effect of ozone treatments on weight loss (A) and firmness (B) in mango fruit. Vertical bars represent S.E of means and are invisible when the values are smaller than the symbol. Values followed by the different letters indicate significant differences among treatments at $p \leq 0.05$ (LSD test).

Effect of ozone treatments on soluble solid content (SSC) and titratable acidity (TA)

The result showed that the SSC of ozone treated fruit were lower than control fruit during storage (Fig 3A). However, no significant differences of SSC were detected among treatments. According to Ali [26], ozone treated papaya from 1.5 to 5.0 ppm for 96 hours had higher SSC in comparison with non-treated fruit. In mango, exposure to 150 ppb ozone did not affect fruit SSC. However, dipping in hot water at 55°C for 5 min then fumigation with 150 ppb ozone before storage slowed the increase in SSC and the decline in citric acid [24].

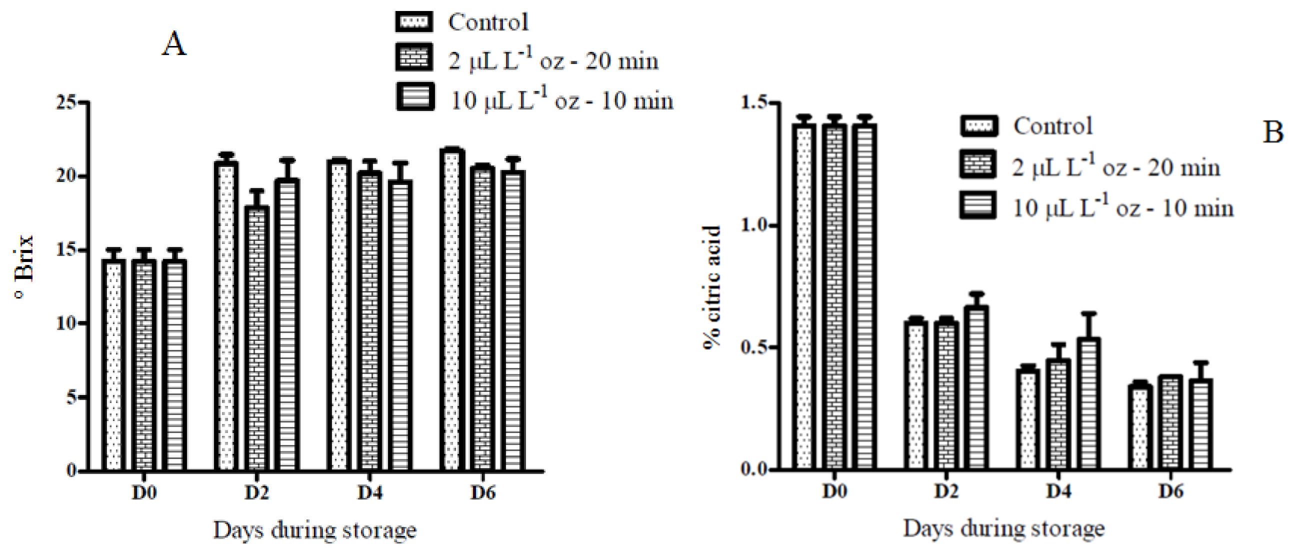


Fig 3. Effect of ozone treatments on soluble solid content (A) and titratable acidity (B) in mango fruit. Vertical bars represent S.E of means and are invisible when the values are smaller than the symbol.

The TA of ozone treated fruit were higher than control fruit during storage (Fig 3B). The same result was reported that no significant effect of ozone treatment on TA in strawberries was found during storage [31]. In contrast, Ali [26] found the lower reduction of TA in ozone treated papaya fruit compare to control fruit.

CONCLUSION

Postharvest treatment of ozone gas could maintain the shelf life of mango fruit cv Nam Dok Mai No. 4. Ozone treatments at day 0 and after 3 days of storage with a high concentration and short exposed period (10 µL L^{-1} for 10 min) was more effective than the treatment of a low concentration and long exposed period (2 µL L^{-1} for 20 min). This research suggests that ozone fumigation at 10 µL L^{-1} for 10 min at day 0 and day 3 suppresses the respiration rate, inhibits the colour change in fruit skin and flesh, and decreases the weight loss of mango fruit during storage.

ACKNOWLEDGEMENTS

Funding for this study was provided by GMS scholarship, King Mongkut's University of Technology, Thonburi and School of Bioresources and Technology.

REFERENCES

1. C. Wu, An Overview of postharvest biology and technology of fruits and vegetables, Workshop on Technology on Reducing Postharvest Losses and Maintaining Quality of Fruits and Vegetables. AARDO, 2010.
2. K.M.A.S. Sarkar, M.M. Alam, A. Rahman and M.G.K. Bhuiyan, Post-harvest losses of mango value chain, *International Journal of Bioresources*, 2011, 10 (5), pp: 25-31.
3. M.J. Kirschner, Ozone - Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry, 5th edition, 1991, pp.349-357. Cambridge, New York.
4. D.M. Graham, Use of ozone for food processing, *Food Technology*, 1997, 51, pp. 72-75.

5. C.F Forney, "Postharvest response of horticultural products to ozone", in: "Postharvest oxidative stress in horticultural crops" (D.M Hodges), The Haworth Press, Inc, 2003. Chapter 2, pp: 14, 18, 28.
6. N. Nagy, application of ozone from sterilamp in control of mold, bacteria and odors, In ozone chemistry and Technology, Washington, DC: American chemical society, 1959, pp; 57-65.
7. J.L. Smilanick, Use of ozone in storage and packaging facilities, Washington tree fruit postharvest Conference, December 2nd and 3rd , 2003, Wenatchee, WA.
8. S. Huyskens-Keil, K. Hassenberg, W.B. Herppich, Impact of postharvest UV-C and ozone treatment on textural properties of white asparagus (*Asparagus offificinalis* L.), *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 2011, Vol 84, No.2.
9. R.G. Rice, W. Farquhar and L.J. Bollyky, Review of the application of ozone for increasing storage time for perishable foods. *Ozone Sci. Eng*, 1982, 4(1), pp: 147-163.
10. L.R. Beuchat, Surface decontamination of fruit and vegetable eaten raw: A review. World Health Organization, Food Safety Unit WHO/FSF/FOS 1998.2.
11. L. Jin, W. Xiaoyu, Y. Honglin, Y. Zongan, W.Jiaxun, L. Yaguang, Influence of discharge products on post-harvest physiology of fruit, In: Proceedings of the Sixth International Symposium on High Voltage Engineering, 28 August to 1 September, 1989, New Orleans, LA, p.4.
12. E. Aguayo, V.H. Escalona, F. Art´es, Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* 2006, 39, pp: 169–177.
13. A. Salvador, I. Abad, L. Arnal, J.M. Martinez-Javega, Effect of ozone on postharvest quality of Persimmon, *Journal of Food Science* 2006, 71, pp: 443-446.
14. N. Tzortzakis, A. Borland, I. Singleton, J. Barnes, Impact of atmospheric ozone-enrichment on quality-related attributes of tomato fruit, *Postharvest Biology and Technology 2007,* 45, pp: 317-325.
15. P. Boonkorna, H. Gemmac, S. Sugayac, S. Sethad, J. Uthaibutra, K. Whangchai, Impact of high-dose, short periods of ozone exposure on green mold and antioxidant enzyme activity of tangerine fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 2012, 67, pp: 25–28.
16. L. Rodoni, N. Casadei, A. Concellon, A.R. Chaves Alicia, A.R. Vicente, Effect of short-term ozone treatments on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit quality and cell wall degradation, *Journal of Agriculture and Food Chemistry 2010, 58*, pp: 594-599.
17. M. Horvath, L. Bilitzky, J. Huttner, Ozone. Amsterdam: Elsevier1985, 68-74, pp; 304-331.
18. C.L. Liew, R.K. Prange, Effect of ozone and storage temperature on postharvest diseases and physiology of carrots *(Caucus carota* L.*). Journal of the American Society for Horticultural Science 1994, 119,* pp: 563-567.
19. L.J. Skog and C.L. Chu, Ozone technology for shelf life extension of fruit and vegetables, Proceedings of the Fourth Conference on Postharvest, 2000, Vol II, Acta Hort., 553, ISHS, pp: 285-291.

20. L.J. Skog and C.L. Chu, Effect of ozone on qualities of fruit and vegetables in cold storage, *Can.Journal of Plant Science 2001, 81,* pp: 773-778.
21. B.L. Wild, W.B. McGlasson, T.H. Lee, Effect of reduced ethylene levels in storage atmosphere on lemon keeping quality. *Hort.Science 1976, 11*, pp: 114-115.
22. R. Gane, The respiration of bananas in presence of ethylene, New Phytologist 1936, 36, pp: 170-178.
23. L. Palou, C.H. Crisosto, J.L. Smilanick, J.E. Adaskaveg, J.P. Zoffoli, Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on dacay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 2002, 24, pp: 39-48.
24. R.M. El-Saedy, D.O. Ansary, N.I. Naggar, Postharvest ozone and hot water treatments increase storage life of kent mango fruits at two maturity stages, *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 2011, Vol 56.
25. D. Sharpe, L. Fan, K. McRae, B. Walker, R. Mackay, C. Doucette, Effects of ozone treatment on Botrytis cinerea and Sclerotinia sclerotiorum in relation to horticultural product quality. *Journal of Food Science,* Vol 2009, 74.
26. A. Ali, M.K. Ong, C.F. Forney, Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage, *Food Chemistry* 2014, 142, pp: 19-26.
27. J.S. Norton, A.J. Charig, I.E. Demoranville, The effect of ozone on storage of cranberries. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci*. 1968, 93, pp: 792-796.
28. C.H. Crisoto, W.A. Retzlaff, L.E. Williams, T.M. Dejong, J.P. Zoffoli, Postharvest performance evaluation of plum (Prunus salicina Lindel., 'Caseelman' fruit grown under three ozone concentrations. *J. Am. Soc. Hort. Sci, 1993,* 118, pp: 497-502.
29. L. Palou, J.L. Smilanick, C.H. Crisosto, M. Mansour, Effect of gaseous ozone exposure on the development of green and blue molds on cold stored citrus fruit, Plant Diseases, 2001, 85, pp: 632-638.
30. N.G. Shah, S.S. Zambre, K.V. Venkatesh, R.C. Anantheswaran, Ozone gas exposure to extend shelf life of tomatoes in hot and humid region. Institute of Food Technologist (IFT), In: Annual Meeting, Las Vegas, Neveda, USA, 12-16 July, 2004.
31. A.G. Perez, C. Sanz, J.J. Rios, R. Olias and J.M. olias, Effects of ozone treatment on postharvest strawberry quality, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 1999, 47, pp: 1652-1656.

Agricultural Sci. J. 44(2)(Suppl.): 673-679 (2013)

Water for bio-energy in Thailand

T. Okadera[1,2]* and J. Chontanawat[2]

[1] Center for Regional Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506 Japan, Tel: +81-29-850-2656, Fax: +81-29-850-2569

[2] Department of Social Sciences and Humanities, School of Liberal Arts, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140 Thailand, Tel: +662-470-8773, Fax: +662-428-3375

* Corresponding author: okadera@nies.go.jp

Abstract: Thailand is one of the countries which positively promote bio-energy production by producing liquid biofuel from molasses of sugarcane, cassava, palm oil and coconut oil. However, bio-energy production may increase the water requirement as it requires more water per unit of energy than existing energy facilities. Therefore, this study aims to evaluate the water requirement for bio-energy in Thailand by a bottom-up approach. The results show that the water requirement for bio-energy production in Thailand is 2.4 billion m^3 for 2010, 52% of which is for bio-ethanol. Furthermore, it is estimated that the water requirement for bio-energy supply will increase to 3.9 billion m^3 of water in the future, 70% of which would be for bio-ethanol production. Finally we discuss the impact on water ecosystems through bio-energy production and the social and policy implications of bio-energy with respect to the water-energy nexus.

Keywords: water-energy nexus, liquid biofuel Thailand, bottom-up approach

---

INTRODUCTION

Thailand is one of the countries which positively promote bio-energy production. The bio-energy is closely connected with tropical and sub-tropical crops. Bio-ethanol, which is one of the main products for renewable energy strategy in Thailand, is made from sugarcane and cassava, and solid biomass such as paddy husk and bagasse of sugarcane is used as bio-energy. In addition, biodiesel, which is one of the liquid biofuels, is made from coconuts oil and palm oil. On the other hand, numerous studies have indicated that bio-energy production may increase water resource consumption as the water consumption per unit of bio-energy production (24-143 m^3/GJ) is higher than that for existing energy facilities (i.e. crude oil 1.1 m^3/GJ; hydro 22 m^3/GJ) [1, 2]. However, the practical impact on water resources by bio-energy production remains to be studied, therefore this study aims to evaluate the water requirement for bio-energy production in Thailand. First we explain the methodology used to analyze the water requirement for bio-energy, then we show the change of the water requirement for bio-energy over the last five years. Finally we summarize and draw conclusions.

MATERIALS AND METHODS

Situation of bio-energy in Thailand

The total bio-energy supply has been increasing and 22,002 ktoe of bio-energy (18% of total energy supply) was supplied in 2010 (Figure 1)[3]. The bio-energy in Thailand consists of solid biomass (wood, charcoal, paddy husk, bagasse, and agricultural waste), liquid biofuel (bioethanol and biodiesel), garbage and biogas and 96% of this bio-energy is produced from solid biomass while the other is liquid biofuel.

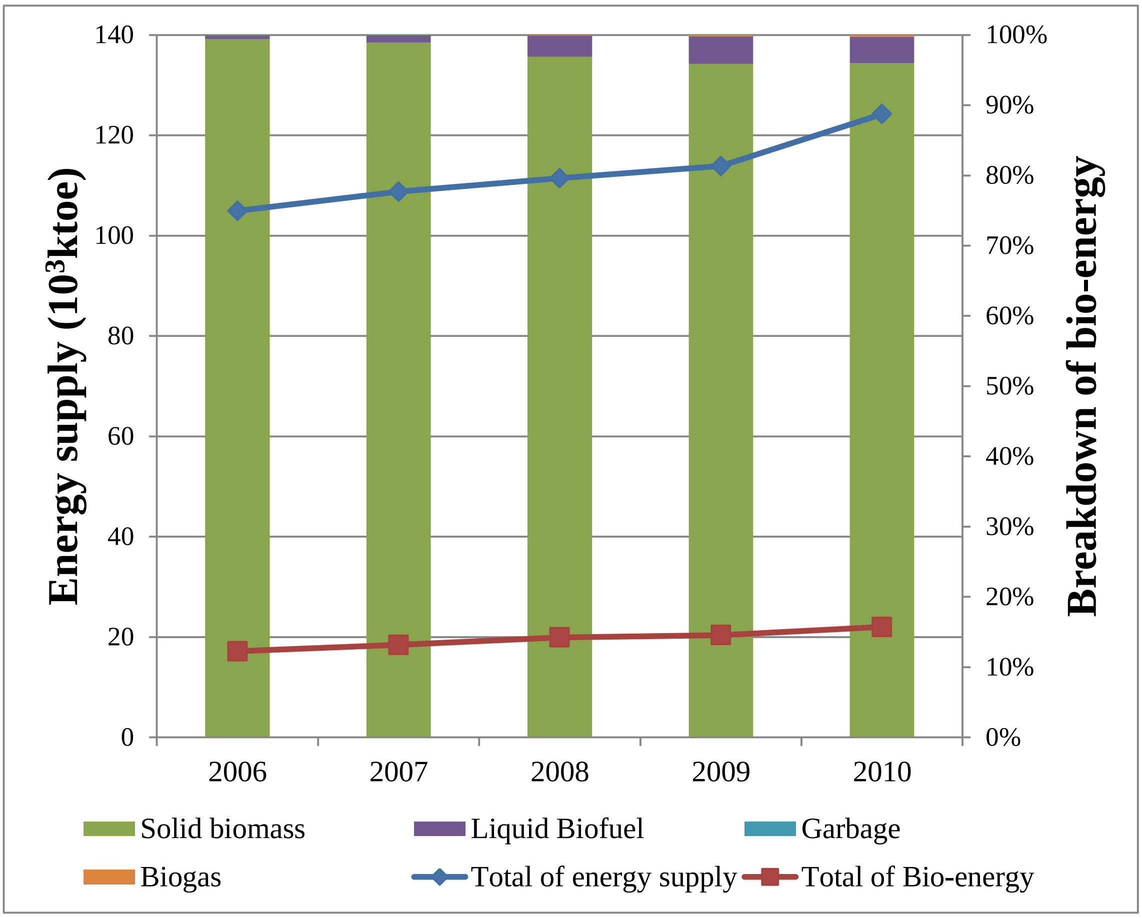


Figure 1 Situation of bio-energy supply in Thailand

Calculation of water for energy production

Numerous studies have investigated the water used in energy production (WEP) and they are mainly divided into two types. One is a bottom-up approach which defines WEP based on production process of not only energy production (direct water requirement) but also feedstock of biomass energy [1, 2, 4-7] or fuels [4, 5, 8] (indirect water requirement). The other takes into account energy consumption as well as energy production [9] and WEP is solved by a hybrid approach coupled with a bottom-up approach and LCA method based on environmental input-output analysis [10].

We adopted a bottom-up approach, for data accessibility of input-output tables. Thailand has published national input-output tables every five years from 1975, but the tables cannot be used for an analysis of bio-energy with hybrid approach, because they do not include bio-energy flows.

On the other hand, a bottom-up approach is a very simple method, which estimates WEP by energy production and water requirement content (WRC), so it is possible to apply to analyze bio-energy in Thailand.

By using national bio-energy statistics [3], we define domestic bio-energy production, such as solid biomass (fuel wood, charcoal, paddy husk, bagasse and agricultural waste), garbage, biogas, bioethanol and biodiesel, from 2006 to 2010. Furthermore, we estimate future WEP with bio-energy potential for 2010 in Thailand [3] .

Then we have referred to previous studies to set WRCs of the bio-energy products (Table 1). The system boundaries differ by research with some studies defining WRCs of bio-energy based on water consumption such as evapotranspiration of feedstock, thus water requirements here equal to water consumption. In addition, some studies evaluate water for bio-energy in Thailand [11, 12] based on bio-ethanol production processes, but we do not use the WRC because the system boundaries are different. For example, they distinguish sugarcane-based bioethanol among feedstock (bagasse and molasses), so we need data of the productions of the bagasse and molasses of sugarcane. However the energy statistics have the only aggregated bioethanol production made by sugarcane and cassava, so we define the WRC of bioethanol by average of WRCs of sugarcane and cassava of previous research. Furthermore, Furthermore, WRC of biogas production is negligible because the process requires small amount of water compared to the other bio-energy transformation [4]

Table 1 Water requirement content (WRC) of bio-energy

Bio-energy	WRC (m^3/GJ)	References
Solid biomass*	0.64	[8]
Garbage	n.a.	□
Bioethanol+	87.37	[2, 4-6, 13]
Biodiesel#	27.45	[4]
Biogas	0.00	[4]

Notes:
* represents Value of wood-fired generation.
+ represents Average of values of bioethanol of sugarcane and cassava.
# denotes value of palm oil production

RESULTS AND DISCUSSION

Water for bio-energy production and potential in Thailand

Water for bio-energy production increased to 2.4 billion m^3 in 2010 which is about three times that in 2006. In addition, the share of water for liquid biofuel production which comprises bioethanol and biodiesel has risen significantly to 76% of water for bio-energy in 2010 from 43% in 2006.

Furthermore, water for potential bio-energy production is estimated at 3.9 billion m^3 which is 1.7 times that in 2010 with 77% for liquid biofuel (70% by bio-ethanol).

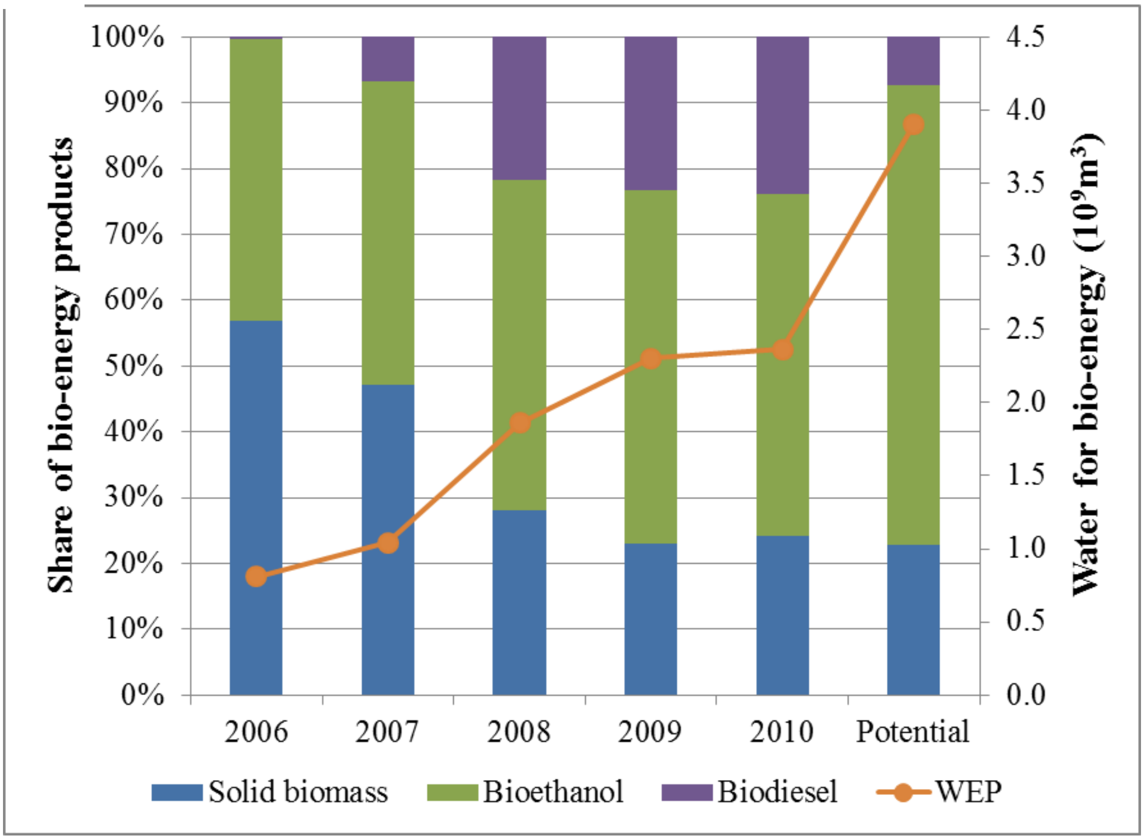


Figure 2 Water for bio-energy production and potential in Thailand

Notes:

Garbage and biogas are eliminated from Figure 1 since they are not available or zero respectively because of the WRCs.

Potential means bio-energy potential in 2010 based on the data of DEDE [1]

Impact on water ecosystems by bio-energy production in Thailand

Total renewable water resource in Thailand is estimated at 438.6 km^3 per year with 126 km^3 being exploitable, and dam capacities in 2010 were 76.8 km^3 [14]. Furthermore in 2007 57 km^3 was withdrawn for:- agriculture (51.8 km^3), industry (2.8 km^3) and households (2.7 km^3) [14].

Then we found that the water requirement for bio-energy production in 2007 corresponded to 1.8% of withdrawn water in Thailand. In addition, currently 74% of the water supply capacity is withdrawn for socio-economic activities but there is a potential for this to increase to 79% through future bio-energy production (Figure 3).

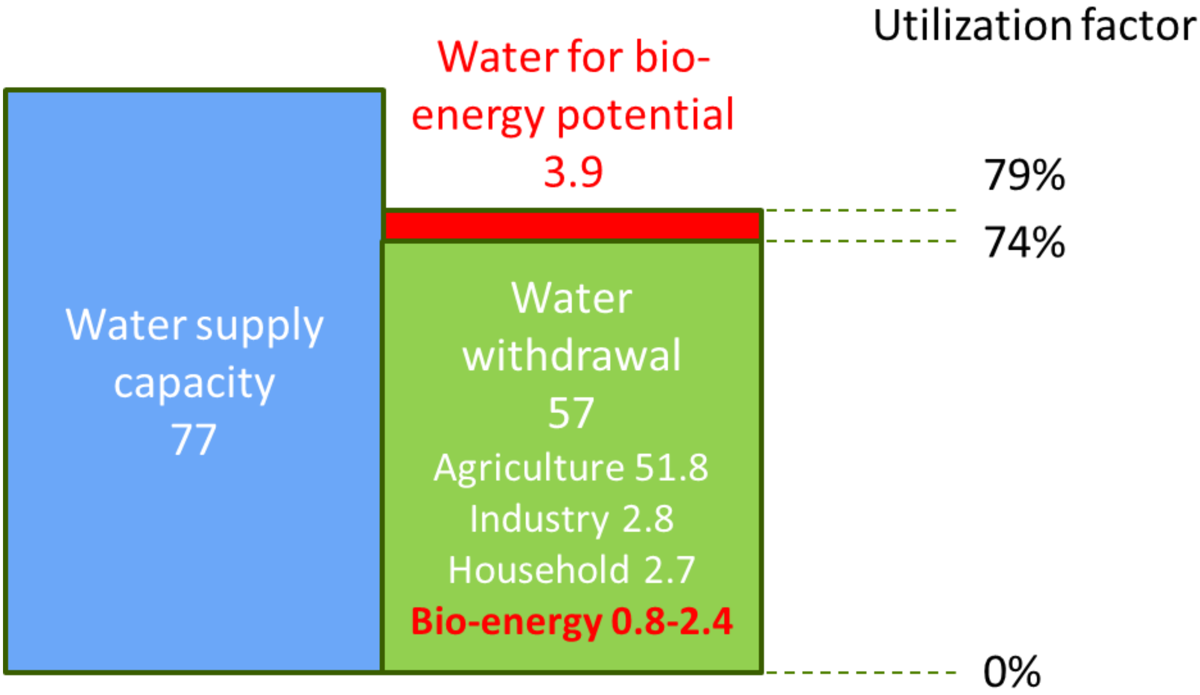


Figure 3 Impact to water resources by bio-energy production in Thailand in year 2007

Policy implication

Figure 4 shows that there is a high correlation between shares of bio-energy in total energy supply and ratios of water for bio-energy production to withdrawn water[1]. In addition, Table 2 shows the data about bio-ethanol production and water that is needed in that process. Then we found that bio-energy production tends to require more water in comparison with a contribution for energy supply in Thailand because the elasticity is higher. So from 2006 to 2009 the share of bio-energy in energy supply increased by 1.6%, nevertheless the ratio of water for bio-energy to water withdrawal increased by 2.6%.

On the basis of the results, Figure 3 and 4, water-saved bio-energy production systems are desirable for Thailand. Then it is probably effective to decrease water required to produce feedstock, because biomass production needs eleven times more of water compared to biomass refining [4]. Furthermore, cassava requires three times more of water compared to sugarcane [2], so it is considered that sugarcane is more desirable for water-saved bio-energy (ethanol) production in Thailand. Moreover if Thailand utilized sugarcane for ethanol production, sugarcane juice is more efficient in the aspect of water-saving [12]. However, we should take account of the conflict with sugar manufacturing.

---

[1] We fix water withdrawal as 57.3 km^3, which is the value in 2007 [12], since we cannot find the data for the other years in the period of 2006-2010.

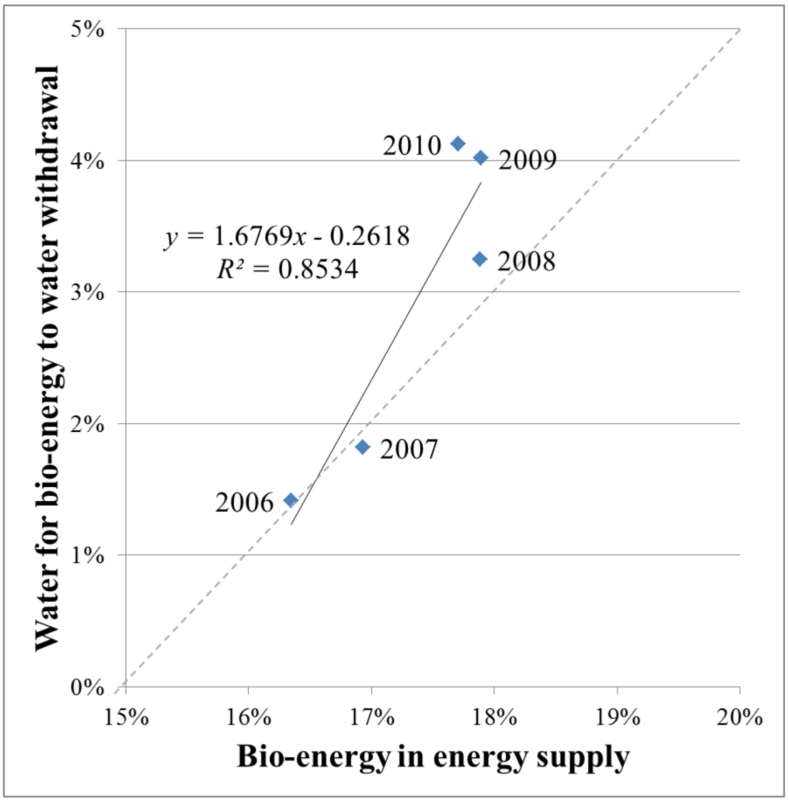


Figure 4 Water requirements and energy supply for bio-energy production in Thailand

Table 2 Water for bio-energy production (WEP) and bio-energy production

		2006	2007	2008	2009	2010
WEP	million m^3	809	1,041	1,860	2,301	2,364
Bio-energy	ktoe	17,154	18,417	19,932	20,376	22,002

CONCLUSION

This study has evaluated water requirement for bio-energy production for the present and future in Thailand. Our findings are that the water requirement for bio-energy production in Thailand is 2.4 billion m^3 for 2010, 52% of which is for bio-ethanol. Furthermore, it is estimated that the water requirement for bio-energy supply will increase to 3.9 billion m^3 of water in the future, 70% of which would be for bio-ethanol production. Finally we found that bio-energy production tends to require more water in comparison with a contribution for energy supply in Thailand, thus it is considered that water-saved bio-energy production systems are desirable for bio-energy policy in Thailand.

ACKNOWLEDGEMENT

This study has been financially supported by the Environment Research and Technology Development Fund (K113002; E-1203) of the Ministry of the Environment, Japan. This paper is an outcome of a collaborative research between National Institute for Environmental Studies, Japan, and School of Liberal Arts, KMUTT, Thailand. We are especially grateful to Mr. Noppasan Muensang, Ministry of Energy, Thailand, for extending his cooperation toward collecting energy data used here.

REFERENCES

1. P. W. Gerbens-Leenes, A. Y. Hoekstra and T. van der Meer, "The water footprint of energy from biomass: A quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply", *Ecological Economics*, 2009, *68*, 1052-1060.
2. W. Gerbens-Leenes, A. Y. Hoekstra and T. H. van der Meer, "The water footprint of bioenergy", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, *106*, 10219-10223.
3. DEDE, "Annual Report 2010 Thailand Alternative Energy Situation", Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), Ministry of Energy, Bangkok, 2010.
4. A. M. R. Carrillo and C. Frei, "Water: A key resource in energy production", *Energy Policy*, 2009, *37*, 4303-4312.
5. K. Mulder, N. Hagens and B. Fisher, "Burning Water: A Comparative Analysis of the Energy Return on Water Invested", *Ambio*, 2010, *39*, 30-39.
6. G. Berndes, "Bioenergy and water - the implications of large-scale bioenergy production for water use and supply", *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 2002, *12*, 253-271.
7. B. G. Subhadra and M. Edwards, "Coproduct market analysis and water footprint of simulated commercial algal biorefineries", *Applied Energy*, 2011, *88*, 3515-3523.
8. P. H. Gleick, "Water and Energy", *Annual Review of Energy and the Environment*, 1994, *19*, 267-299.
9. C. W. King and M. E. Webber, "Water Intensity of Transportation", *Environmental Science & Technology*, 2008, *42*, 7866-7872.
10. C. Harto, R. Meyers and E. Williams, "Life cycle water use of low-carbon transport fuels", *Energy Policy*, 2010, *38*, 4933-4944.
11. S. H. Gheewala, G. Berndes and G. Jewitt, "The bioenergy and water nexus", *Biofuels Bioproducts & Biorefining-Biofpr*, 2011, *5*, 353-360.
12. S. H. Gheewala, T. Silalertruksa, P. Nilsalab, R. Mungkung, S. R. Perret and N. Chaiyawannakarn, "Implications of the biofuels policy mandate in Thailand on water: The case of bioethanol", *Bioresource Technology*.
13. K. C. Stone, P. G. Hunt, K. B. Cantrell and K. S. Ro, "The potential impacts of biomass feedstock production on water resource availability", *Bioresource Technology*, 2010, *101*, 2014-2025.
14. FAO. "AQUASTAT database", in [cited 2012 December 31]; Available from: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm.

ดัชนีคำสำคัญ

ก

กรดจิบเบอเรลลิก, 85
กระเจี๊ยบ, 17
กระบวนการงอก, 441, 449
กระบวนการป้องกันตัวเองของพืช, 365
กระบวนการพัฒนาแบบมีส่วนร่วม, 157
กระบวนการหมัก, 321, 449
กระบวนการออสโมซิส, 189
กล้วย, 113
กล้วยไข่, 113, 189, 545
กล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์แท้, 565
กล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์ลูกผสม, 565
กล้วยหอมทองตัดแต่ง, 505
กล้าเชื้อ, 321
กลีเซอรีน, 369
กลุ่มเกษตรกร, 493
กลุ่มเกษตรกรทำนาปลอดภัย, 157
กวานีน, 445
กากถั่วเขียว, 457
กากน้ำตาล, 225
กากใยส้ม, 245
ก๊าซชีวภาพ, 373
ก๊าซมีเทน, 373
การกระจายน้ำหนัก, 533
การกระจายอุณหภูมิ, 89
การกักเก็บกลิ่นรส, 469
การเก็บรักษา, 453, 545
การเกิดฟอง, 129
การเกิดอิมัลชั่น, 129
การขยายผล, 153
การขยายพันธุ์, 77
การคลุกเมล็ดพันธุ์, 485
การคัดเลือกพันธุ์, 257
การงอก, 73, 513
การจุ่มน้ำร้อนต่อการเกิดอาการสะท้านหนาว, 601
การเจริญเติบโต, 117, 149
การเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า, 113
การเจริญเติบโตและผลผลิต, 537
การฉายรังสี, 229
การฉายรังสีแกมมา, 501
การชักนำยอดรวม, 617
การแช่, 489
การแช่น้ำ, 9
การซื้อและการขายอ้อย, 53, 61
การดัดแปรด้วยเอนไซม์, 397
การดูดน้ำ, 573
การตัดแต่งกิ่ง, 261
การตัดสินใจ, 53
การตัดอ้อย, 61
การต้านอนุมูลอิสระ, 21, 81, 129, 141, 221
การแตกกอ, 149
การถดถอยเชิงพหุ, 33
การถ่ายเทมวล, 189
การทดสอบ disc diffusion, 437
การทดสอบทางประสาทสัมผัส, 233
การท่องเที่ยวเชิงเกษตร, 569
การทอดแบบน้ำมันท่วม, 241
การทอดแบบสุญญากาศ, 505
การทำแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, 301
การทำนา, 493
การทำแห้งแบบพ่นฝอย, 469
การแทงราก, 513
การนึ่ง, 489
การบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ, 497
การประเมินทางประสาทสัมผัส, 453
การปรับสภาพด้วยด่าง, 169
การปลดปล่อยในหลอดทดลอง, 607
การปักชำ, 581
การผ่าหัว, 581
การเผยแพร่ความรู้, 153
การพัฒนาผลิตภัณฑ์, 241
การพัฒนาสูตร, 509
การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, 617
การยอมรับของผู้บริโภค, 109, 429
การย้อมสี, 385
การยืดตัว, 613
การเรียนรู้, 153
การเรียนรู้ร่วมกัน, 249
การเลี้ยงเนื้อเยื่อเมล็ด, 77
การวางแผนพัฒนาแบบมีส่วนร่วม, 493
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์, 353
การวิเคราะห์น้ำตาล, 125
การสกัดด้วยกรด, 461
การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย, 293

การส่งออก, 545
การสังเคราะห์ด้วยแสง, 177
การสัมภาษณ์เชิงลึก, 333
การให้ความร้อน, 209
การให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ, 89
การอบแห้งแบบพ่นฝอย, 21
การอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด, 468
การอบแห้งแบบอินฟราเรด, 97
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ, 213
เกษตรพันธสัญญา, 61
เกษตรยั่งยืน, 333
เกษตรอินทรีย์, 153
เกี๊ยวซ่า, 17
ไกลโคไซด์, 5

ข

ขนมกลีบลำดวน, 93
ขนมกวน, 101
ขนมขบเคี้ยว, 201
ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ, 241
ขนมชั้น, 425
ขนมปัง, 421
ขนาดอนุภาค, 181
ข้าว, 13, 129, 177
ข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูป, 468
ข้าวกล้องสินเหล็ก, 9, 181
ข้าวเกรียบ, 317
ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กลายพันธุ์, 289
ข้าวเจ้าหอมมะลิ, 329
ขาวดอกมะลิ105, 177
ข้าวนึ่ง, 489
ข้าวโพด, 449
ข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ PA271, 193
ข้าวไรซ์เบอรี่, 205
ข้าวไร่พื้นเมือง, 285
ข้าวสาลี, 557
ข้าวหุงสุก, 501
ข้าวเหนียวนึ่ง, 521
ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6, 33
ข้าวอบกรอบ, 329
ขิง, 301
ขิงผง, 65
ไขมันแพะ, 517
ไขรำข้าว, 341

ค

ความคงตัวทางพันธุกรรม, 257, 541
ความงอกของละอองเกสร, 69
ความชื้น, 97
ความฝาด, 81
ความพอง, 33
ความมีชีวิต, 485
ความมีชีวิตของละอองเกสร, 69
ความสมบูรณ์ดิน, 529
ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ, 461
ความสามารถในการพองตัว, 185
ความสามารถในการละลาย, 185
ความหนาแน่น, 137
ความหนืดคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ, 9
ความหลากหลาย, 285
ความหลากหลายทางชีวภาพ, 357
ความอุดมสมบรูณ์ของดิน, 569
คาเทชิน, 597
ค่าน้ำหนักที่สูญเสียภายหลังการให้ความร้อน, 325
คาเฟอีน, 597
คาร์บอนไดออกไซด์, 37
คาราจีแนน, 613
ค่าสหสัมพันธ์, 57
ค่าสี, 185, 489
คุกกี้, 405
คุกกี้เนย, 273
คุณค่าทางโภชนาการ, 285
คุณภาพ, 341, 389, 501, 521
คุณภาพทางจุลชีววิทยา, 229
คุณภาพทางโภชนาการ, 209
คุณภาพผล, 257
คุณสมบัติทางกายภาพ, 109
คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ, 213
เครื่องดื่มชา, 313
เครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมัก, 417
เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย, 473
เคอร์คูมิน, 607
แคโรทีนอยด์, 549
แคลลัส, 381
ไคโตซาน, 613

จ

จลนพลศาสตร์, 477
จังหวัดกาญจนบุรี, 285

ช

ชักนำให้เกิดราก, 49
ชา, 221
ชาเขียว, 233
ช้าพลูสารสกัด, 45
ชิ้นส่วนใบ, 381
ชีวมวล, 29, 31
ชุดดินโพนพิสัย, 57
เชื้อรา, 525
เชื้อรา *Colletotrichum* spp., 365
เชื้อแลคโตบาซิลลัสแพลนทารัม, 245

ซ

ซุปก้อนปรุงรส, 65
ซุปกึ่งสำเร็จรูปแบบแห้ง, 197
ซุปเปอร์คริติคอลคาร์บอนไดออกไซด์, 37
เซลล์แขวนลอย, 133
แซนทีน, 445
โซเดียมต่ำ, 197
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์, 41
ไซแลน, 161

ด

ด้วงงวงข้าวโพด, 25
ด้วงถั่วเขียว, 105
ดัชนีการเจริญเติบโต, 573
ดัชนีการดูดซึมน้ำ, 137
ดัชนีการละลายน้ำ, 137
ดินขาว kaolin, 389
ดินผสม, 29, 31

ต

ต้นทุนการผลิต, 377
ต้นปูเล่, 617
ต้นอ่อนข้าวโพด, 485
ตลาดข้าวปลอดภัย, 157
ตังกุยสด, 109
ตัวทำละลายสกัด, 433
ตัวทำละลายร่วม, 517
ตัวเร่งปฏิกิริยา, 361
ตัวเร่งปฏิกิริยา, 369
ตาข้อ, 617
ตำรับยาล้านนา, 561
เต้าฮวยนมสด, 429

ถ

ถั่วเขียว, 57
ถั่วงอก, 305
ถุงพลาสติก, 109

ท

ทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชั่น, 369
ทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น, 349, 517
ทำมัง, 37
ทุเรียน, 473
ทุเรียนตัดแต่งสด, 453
ทุเรียนทอดกรอบ, 473
เทคนิคหยดแขวน, 385
แทนนิน, 81, 141

ธ

ธาตุในดิน, 529
ธาตุอาหาร, 345
ธาตุอาหารพืช, 533

น

นมหมดอายุ, 373
นาโนแพลทินัม, 525
นาลุ่มและน้ำลึก, 537
น้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์, 21, 81
น้ำพริกเผา, 329
น้ำมันหอมระเหย, 37
น้ำยาบ้วนปาก, 477
น้ำสกัดชีวภาพ, 557
น้ำหนักสด, 565
น้ำหมักชีวภาพ, 345
เนื้อในเมล็ดมะม่วง, 477
เนื้อผลสดมะม่วงหิมพานต์, 141

บ

บะหมี่, 265, 325
บะหมี่สด, 269
บาซิลัส, 161
บิสกิต, 181
628
โคลเด็กซ์ตริน, 277
แบคทีเรียกรดแลคติก, 321
แบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจนและชอบร้อน, 165
แบคทีเรียทนอุณหภูมิสูง, 161

โบรมิเลน, 13, 129, 457
ใบกวนเกลียว, 577
ใบกวนครีบ, 577
ใบเตย, 17, 413
ใบบัวบก, 317
ใบบัวบกผง, 65
ใบมะรุมผง, 197
ไบโอดีเซล, 349, 361, 517, 553
ไบโอแอคทีฟเพปไทด์, 393

ป
ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบที่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง, 505
ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน, 361, 553
ปฏิกิริยาสีน้ำตาล, 481
ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ, 205
ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ, 441
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด, 221
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, 81, 117, 141
ปริมาณเส้นใย, 325
ปลายี่สก, 329
ปัจจัยการผลิต, 557
ปาล์มน้ำมัน, 401
ปุ๋ย, 561
ปุ๋ยยูเรีย, 149
เปลือก, 433
เปลือกปูทะเล, 553
เปลือกมะม่วงพันธุ์ฟ้าลั่น, 405
เปลือกหอยแครง, 553
แป้งกล้วย, 213
แป้งกล้วยน้ำว้า, 217
แป้งข้าวกล้อง, 93
แป้งข้าวกล้องงอก, 237
แป้งข้าวเจ้า, 425
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่, 589
แป้งถั่วหรั่ง, 265
แป้งพรีเจลาทิไนซ์, 205, 425
แป้งฟลาวร์มันสำปะหลัง, 273
แป้งมันเทศ, 197
แป้งมันเทศสีม่วง, 421
แป้งเมล็ดขนุน, 201
แป้งลูกเดือย, 241
แป้งสาลี, 93, 269, 421
แปรอุณหภูมิ, 437
แปะตำปึง, 409

โปรตีน, 397
โปรตีนไฮโดรไลเซท, 13, 129, 457
โปรตีนไฮโดรไลเซทข้าวกล้อง, 145
โปรตีนไฮโดรไลเซทสาหร่ายไส้ไก่, 469

ผ
ผงแก่นตะวัน, 269
ผงปรุงแต่งกลิ่นรสปู, 469
ผลผลิต, 297
ผลไม้เพื่อสุขภาพ, 309
ผลหนามแดง, 417
ผลิตภัณฑ์กึ่งแห้ง, 1
ผักกาดเขียวปลี, 321
ผักบุ้งจีน, 297
ผักใบเปรี้ยว, 603

ฝ
ฝักวานิลลาบ่ม, 281

พ
พริกขี้หนู, 345
พริกไทยดำ, 45
พริกหวาน, 293, 610
พริกแห้ง, 549
พลังงานทดแทน, 373
พลังงานไอโซสเตียริก, 185
พลับพลึงธาร, 77, 381
พลู, 45
พอลิฟีนอลออกซิเดส, 193
พอลิแลคติกแอซิด, 497
พังกาหัวสุมดอกแดง, 101
พันธุ์ข้าว, 537
พิวรีนเบส, 445
พืชผักสมุนไพร, 561
พืชพื้นบ้านของไทย, 603
พื้นผิวโครงร่างตอบสนอง, 409
เพคติน, 433
เพปไทด์ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ, 145
เพิ่มจำนวนยอด, 49
โพแทสเซียมไนเตรท, 85
โพลีฟีนอล, 317

ฟ
ฟองออกซิเจนขนาดไมโครและนาโน, 513

ฟางข้าว, 165, 169
ฟิล์มบริโภคได้, 481
ฟิล์มพอลิโพรพิลีนดัดแปร, 193
ฟีนอลิค, 133, 477
ฟีนอลิคทั้งหมด, 585

ภ
ภาชนะบรรจุ, 545
ภาวะเค็ม, 177
ภูมิปัญญาท้องถิ่น, 333

ม
มหาพรหม, 173
มะกรูด, 1
มะเขือเปราะ, 261
มะพร้าว, 397
มะพร้าวต้นเตี้ย, 529, 533
มะพร้าวน้ำหอม, 69
มะม่วง, 277, 325
มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4, 389
มะม่วงหาวมะนาวโห่, 337
มังคุด, 209
มันฝรั่ง, 89
มันสำปะหลัง, 273
มัฟฟิน, 237
มีเทน, 577
เมทอกซิล, 433
เมทานอล, 349, 369
เมล็ดผักกาดหัว, 525
เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม, 513
เมล็ดอัลฟัลฟ่า, 525
เมี่ยง, 597
แมลงวันผลไม้, 253
ไม้กระถาง, 29, 31

ย
ยับยั้ง, 73
ยาสูบ, 357
ยีน choline monooxygenase, 401
ยีสต์, 253
ยีสต์ทนร้อน, 225
โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง, 245

ร
ระยะการสุก, 337
ระยะเวลาเฉลี่ยในการงอก, 573
รังสีแกมมา, 105
แรงต้านการกดทับ, 137
โรคอ้วน, 603, 610
โรคแอนแทรคโนส, 365
โรงงานน้ำตาล, 53

ฤ
ฤทธิ์การไล่, 25
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, 293, 297, 309, 397
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH, 117

ล
ลองกอง, 313
ละอองเรณู, 385
ลักษณะทางกายภาพ, 305
ลักษณะเนื้อสัมผัส, 593
ลำอิเล็กตรอน, 105
ลูกชิ้นปลา, 593
ลูกแป้ง, 225
ลูกผสม, 173
เลซิติน, 607

ว
วงศ์กระดังงา, 173
วัสดุ, 581
วัสดุปลูก, 29, 31
ว่านสี่ทิศ, 581
วานิลลิน, 281
วิตามินซี, 21, 81, 141, 309
วิธีการปลูกข้าว, 377
วิธีพื้นผิวตอบสนอง, 457
วุ้นน้ำมะพร้าว, 429
เวย์โปรตีนไอโซเลทไฮโดรไลเซท, 393
เวลาเฉลี่ยในการงอก, 85

ส
ส่งเสริมการเกษตร, 157
ส่งเสริมการปลูกอ้อย, 53
สตีวิออล, 5
สตีวิออล ไกลโคไซด์, 121
สตีวิโอไซด์, 5

สตีเวียไซรัป, 5, 121
สนิปส์, 401
สบู่สมุนไพร, 509
สภาวะการสกัด, 413
สภาวะสกัดที่เหมาะสม, 409
ส้ม, 341
สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ, 301
สมบัติของแป้ง, 101
สมบัติเชิงหน้าที่, 13
สมบัติด้านความหนืด, 33
สมบัติต้านเอนไซม์ไลเปส, 603
สมบัติทางกายภาพ, 97
ส้มโอ, 221, 333
สันป่าตอง, 1, 377
สายพันธุ์แท้, 541
สารเคลือบผิว, 341
สารต้านโรคอัลไซเมอร์, 413
สารต้านอนุมูลอิสระ, 133, 317, 393, 405, 409, 589, 601
สารประกอบฟีนอลิก, 21, 309
สารประกอบฟีนอลิกรวม, 213, 293
สารปรุงแต่งกลิ่นรส, 473
สารยับยั้งกลูโคซิเดส, 449
สารยับยั้งเอนไซม์ไลเปส, 610
สารลดความดันโลหิต, 393
สารละลายออสโมติก, 189
สารสกัด, 25
สารสกัดด้วยน้ำ, 437, 585
สารสกัดด้วยเอทานอล, 585
สารสกัดใบหยีน้ำ, 73
สารสกัดสมุนไพร, 509
สารส้ม, 521
สารหอมระเหย, 13, 453
สารให้ความคงตัว, 217
สารให้ความหวานจากพืชไทย, 125
สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ, 337
สารอินทรีย์, 485
สาหร่ายสไปโรไจร่า, 349
สี, 41
สื่อเครือข่ายสังคม, 249
สูตรอาหาร, 565

ห

หงส์เหิน, 353
หญ้าหวาน, 5, 121
หน่อไม้, 41
หมู่บ้านนาจอก, 233
หล่อฮั้งก้วย, 313
หัวข้าวเย็น, 49
เห็ดเข็มทอง, 593
เห็ดแชมปิญอง, 497
เห็ดนางฟ้า, 593
เห็ดนางฟ้าภูฐาน, 97

อ

องค์การบริหารส่วนตำบล, 493
องค์ประกอบทางเคมี, 125, 305, 437
องค์ประกอบผลผลิต, 57, 289
องุ่น, 133
อนุพันธ์ไคโตซาน, 525
อนุพันธ์น้ำตาลไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์, 161
อบเชย, 229
ออกซิน, 49
ออกาโนเจล, 607
อ้อย, 149
อ้อยไฟไหม้, 61
ออสโมซิส, 1
อะดินีน, 445
อะไมเลส, 277
อัญชัน, 17
อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้า, 113
อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ, 613
อัตราการรอดชีวิต, 573
อัตราส่วนการดูดน้ำกลับ, 41
อาการ์, 613
อายุการเก็บเกี่ยว, 289
อายุการเก็บรักษา, 501
อิเล็กโตรสปินนิง, 497
อุณหภูมิ, 468
อุณหภูมิสูง, 69
อุตสาหกรรมมะละกอแปรรูป, 541
เอกซ์ทรูชัน, 201, 205
เอทานอล, 225
เอนไซม์เซลลูโลไลติก, 165
เอนไซม์เชิงซ้อน, 169
เอนไซม์ไซลาโนไลติก, 165
เอนไซม์อะซิทิลโคลิเนสเทอเรส, 413
เอส เอส อาร์ เครื่องหมายโมเลกุล, 357
แอนโทไซยานิน, 441

แอปเปิลตัดแต่งสด, 481
แอปเปิ้ลมอญ, 85
แอฟฟินิตี้ โครมาโตกราฟี, 277
แอลฟา, 277
ไอโซเลตโปรตีน, 13
ไอศกรีมไขมันต่ำ, 589
ไอศกรีมนมสด, 217

ฮ

ไฮโปแซนทีน, 445

A
α –amylase, 277
2-acetyl-1-pyrroline, 13
A. aceti, 417
acetylcholineterase, 413
acid extraction, 461
adenine, 445
affinity chromatography, 277
AFLP, 353
agar, 613
agricultural extension, 157
agro-tourism, 569
alfalfa seed, 525
alkaline pretreatment, 169
alum, 521
amaryllis, 581
Angelica (*Angelica sinensis* Oliv.), 109
Annonaceae, 173
anthocyanin, 441
anthracnose disease, 365
anti-Alzheimer's disease, 413
antihypertensive, 393
anti-lipase activity, 603
antioxidant, 393, 397, 405, 589, 601,
antioxidant activity, 21, 81, 133, 141, 205, 213, 221, 293, 309, 409, 441, 461
antioxidant capacity, 297, 317
antioxidant properties, 301
aromatic coconut, 69
ascorbic acid, 309
asiatic pennywort powder, 65
astringency, 81
auxin, 46, 49
average germination time, 573

B
Bacillus, 161
Bactrocera dorsalis (Hendel), 253
bambara groundnut flour, 265
bamboo shoots, 41
Ban Na Jok, 233
banana flour, 213
betel vine, 45
bio extract, 557
bioactive compounds, 337
bioactive peptide, 145, 393
biodiesel, 349, 361, 517, 553
bio-fertilizer, 345
biogas, 373
biomass, 29, 31
bird chilli, 345
biscuit, 181
black pepper, 45
blue pea, 17
bouillon cube, 65
Brassica oleraceae L. cu. gr. Collard, 617
bread, 421
bromelain, 13, 129, 457
brown rice flour, 93
brown rice protein hydrolysate, 145
browning reaction, 481
Bruguiera gymnorrhiza, 101
burn sugarcane, 61
butter cookies, 273

C
β –cyclodextrin, 277
caffeine, 597
callus, 381
Capsicum frutescens L., 345
carbondioxide, 37
Carissa carandas, 337
carotenoid, 549
carrageenan, 613
Carunda fruit, 417
cashew apple fresh juice, 21
cashew apple pulp, 141
cassava flour, 273
cassava, 273
catalyst, 361, 369
catechins, 597
cellulolytic enzymes, 165
chanpigon mushroom, 497
chemical composition, 125, 305, 437
chili fish paste, 329
Chinese Mustard Green, 321
chitosan, 613
chitosan derivatives, 525

choline monooxygenase gene, 401
Chulta, 85
cinnamon, 231
citrus fiber, 245
Citrus maxima (Burm.) Merr., 385
cluster analysis, 353
coating material, 341
cockle shell, 553
coconut, 397
Cocos nucifera L., 529, 533
collaborative learning, 249
Colletotrichum spp., 365
color, 41, 185, 489
compressive strength, 137
condensed tannin, 141
consumer acceptance, 429
consumer perceptions, 109
contract farming, 61
cooked rice, 501
cookies, 405
cooking loss, 325
correlation, 57
co-solvent, 517
crab flavor powder, 469
Crinum thaianum, 77, 381
crude fiber, 325
culture media, 565
curcumin, 607
cured vanilla bean, 281
cutting, 581

D
decision-making, 53
deep-fat frying, 241
Dendrobium hybrid, 565
Dendrobium species, 565
density, 137
derivative-xylooligosaccharides, 161
Dioscorea birmanica, 117
disc diffusion method, 437
diversity, 285
DPPH radical scavenging capacity, 117
DPPH, 585
DPPH$^{\bullet}$ scavenging activity, 129
dried chili, 549
dry soup mix, 197
dumpling, 17
durian chips, 473
durian, 473
dwarf coconut, 529, 533

E
edible film, 481
eggplant, 261
electron beam, 105
electrospinning, 497
elongation, 613
emulsion capacity, 129
encapsulation, 469
enzymatic browning reaction, 505
enzymatic modification, 397
essential oil, 37
ethanol, 225
ethanolic extracts, 585
expired milk, 373
export, 545
extracting solvent, 433
extraction condition, 409, 413
extrusion, 201, 205

F
farmer group, 493
fermentation, 321, 449
fertilizer procedure, 113
fertilizer, 561
finned agitator, 577
fish ball, 593
flavoring agent, 473
fluidized bed drying, 468
foaming capacity, 129
formula development, 509
Fresh cashew apple juice, 81
fresh cut apple, 481
fresh cut durian, 453
fresh milk ice-cream, 217
fresh noodles, 269
fresh weight, 565
fresh-cut Hom-Thong banana, 505

fruit fly, 253
fruit quality, 257
functional properties, 13
fungi, 525

G
α-glucosidase inhibitors, 449
gamma irradiation, 501
gamma ray, 105
gas chromatography mass spectrophotometer (GC-MS), 45
genetic diversity, 357
germinated brown rice flour, 237
germination, 73, 449, 513
germination process, 441
gibberellic acid, 85
ginger, 301
ginger powder, 65
Gleb-Lum-Duan, 93
Globba, 353
glutinous rice, 521
glycerine, 369
goat fat, 517
golden needle, 593
Gotu Kola, 317
green tea, 233
growing media, 29, 31
growth, 117, 149
growth and seed yield, 537
growth rate, 113
guanine, 445
Gynura procumbens, 409

H
hanging drop technique, 385
harvest ages, 289
healthy fruit, 309
healthy snack, 241
heat treatment, 209
herbal extracts, 509
herbal plant extract soaps, 509
high temperature, 69
homozygosity, 257, 541
hot water treatment and chilling injury, 601
Hua-Khao-Yen, 46, 49
hybrid,173
hypoxanthine, 445

I
imbibition, 573
in vitro, 607
inbred line, 541
in-depth interview, 333
infrared drying, 97
inhibit, 73
instant germinated brown rice, 468
intermediate moisture product, 1
irradiation, 229
isolated protein, 13
isosteric heat of sorption, 185

J
jackfruit seed flour, 201
jasmine rice, 329
jelly pudding, 429
Jerusalem artichoke powder, 269
job's tear flour, 241

K
Kanchanaburi province, 285
kangkong, 297
Kanom Chan, 425
kaolin clay, 389
KDML105, 177
kinetic, 477
Kluai Khai, 113, 189, 545
knowledge dissemination, 153

L
lactic acid bacteria, 321
Lactobacillus plantarum, 245
Lactococcus lactis, 145
Lan Na traditional medicine, 561
Lasioderma serricorne (Fabricius), 105
lateral bud, 617
leaf explants, 381
learning, 153
leaves extract, 73

lecithin, 607
leech lime, 1
lettuce seed, 513
lipase inhibitor, 610
local intellect, 333
local plants, 603
local upland rice, 285
longkong, 313
Loog-pang, 225
low fat ice cream, 589
low sodium, 197
lowland and deeping water areas, 537
luo hang guay, 313

M
maize, 449
maize weevil, 25
mango, 325, 277
mango fruits cv. Nam Dok Mai No.4, 389
mango peel power, 405
mango seed kernel, 477
mangosteen, 209
mass transfer, 189
materials, 581
mean germination time, 85
medicinal plant, 561
methane, 373, 577
methanol, 349, 369
methoxyl, 433
miang, 597
microbiological, 229
microwave heating, 89
Mitrephora, 173
modified atmosphere packaging, 497
modified banana flour, 217
modified polypropylene film, 193
moisture, 97
molasses, 225
moringa leave powder, 197
mouthwash, 477
mud crab shell, 553
muffin, 237
multienzyme complex, 169
multiple regression, 33
multiple shoot, 617
mung bean, 57
mungbean meal, 457
Musa sp., 113
mushroom, 593
mutated KDML 105 line, 289

N
nano/micro-O2 bubbles, 513
Nata de coco, 429
Nicotiana tabacum L., 357
NIR, 281
noodle, 265, 325
nutrients, 345
nutritional quality, 209
nutritional value, 285

O
obesity, 603, 610
oil palm, 401
orange, 341
organic, 485
organic farming, 153
organogel, 607
Oryza sativa L., 177
osmosis, 1
osmosis process, 189
osmotic agent, 189
oyster mushroom, 97

P
package, 545
pandan, 17
Pandanus amaryllifolius, 413
parboiled rice, 489
participatory development planning, 493
participatory development process, 157
particle size, 181
pasting properties, 33
pectin, 433
peels, 433
phenolic compounds, 21, 309
phenolics, 133, 477
Phon Phisai soil series, 57

photosynthesis, 177
physical characteristics, 305
physical properties, 109
physical property, 97
physicochemical properties, 9, 213
plant defense mechanism, 365
plant extract, 25, 45
plant nutrient, 533
plant survival, 573
plastic bag, 109
platinum nanoparticles, 525
pollen, 385
pollen germination, 69
pollen viability, 69
poly (L-lactic acid), 497
polyphenol content, 317
polyphenol oxidase, 193
pomelo, 333
potassium nitrate, 85
potato, 89
potted plant, 29, 31
prawn crackers, 317
pregelatinized flour, 205, 425
processing papaya industry, 541
product development, 241
production costs, 377
production factor, 557
propagation, 77, 581
property of flour, 101
protein, 397
protein hydrolysate, 13, 129, 457
pruning, 261
puffability, 33
pummelo, 221
purchase, 53, 61
purine base, 445
purple sweet potato flour, 421

Q
qualities, 501
quality, 229, 341, 389, 521

R
radicle emergence, 513
radish seed, 525
RD6 glutinous rice, 33
rehydration ratio, 41
renewable energy, 373
repellent, 25
response surface methodology, 409, 457
rice, 13, 129
rice bran wax, 341
rice cracker, 329
rice farming, 493
rice flour, 425
rice grown method, 377
rice straw, 165, 169
rice variety, 537
Riceberry, 205
riceberry flour, 589
ripening stage, 337
Rohu fish, 329
root induction, 46, 49
roselle, 17

S
S. cerevisiae, 417
safety rice farmer group, 157
safety rice marketing, 157
salicylic acid, 297
salt stress, 177
San-pah-tawng, 377
Sarjor-caju mushroom, 593
scaling up, 153
SC-CO_2,37
screwed agitator, 577
seaweed *Ulva intestinalis* protein hydrolysate, 469
seed *in vitro* culture, 77
seed treatment, 485
seedling corn, 485
seedling vigor index, 573
selection, 257
sensory evaluation, 233, 453
shelf life, 501
shoot multiplication, 46, 49
Sinlek brown rice, 9, 181
snack food, 201
SNP, 401

soaking, 9, 489
social media, 249
sodium metabisulfite, 41
soil element, 529
soil fertility, 529, 569
soil-base media, 29, 31
sold sugarcane, 53, 61
solubility, 185
solvent extraction, 293
sour leaves, 603
soy yoghurt, 245
Spirogyra sp., 349
spray dryer, 469, 473
spray drying, 21
sprouted legumes, 305
SSCP, 401
SSR Markers, 357
stabilizers, 217
staining, 385
starter culture, 321
steaming, 489
stevia, 5, 121
stevia syrup, 5, 121
steviol glycoside, 5, 121
stevioside, 5
storage, 453
storage life, 545
sugar analysis, 125
sugar factory, 53
sugarcane, 149
sugarcane cutting, 61
sugarcane production extension, 53
superheated steam drying, 301
suspension culture, 133
sustainable agriculture, 333
sweet pepper, 293, 610
sweet potato flour, 197
sweetened mashed product, 101
swelling power, 185

T
Tambon Administrative Organization (TAO), 493
tannins, 81
tea, 221
tea beverage, 313
temperature, 468
temperature distribution, 89
Thai plants sweeteners, 125
thermophilic anaerobic bacterium, 165
thermophilic bacterium, 161
thermotolerant yeast, 225
Thummang *Listea* sp., 37
tillering, 149
tissue culture, 617
tobacco, 357
tobacco beetle, 105
total phenolic content, 117, 141, 213, 221, 293
total phenolics, 81, 585
transesterification, 349, 361, 369, 517, 553

U
Ulva intestinalis, 461
urea fertilizer, 149

V
vacuum frying, 505
vanillin, 281
varied temperature, 437
viability, 485
vinegar beverage, 417
viscosity, 9
vitamin C, 21, 81, 141
Vitis vinifera, 133
volatile compound, 13, 453

W
water absorption index, 137
water extracts, 437, 585
water solubility index, 137
water vapor transmission rate, 613
weight partition, 533
wheat (*Triticum* spp.), 557
wheat, 269
wheat flour, 93, 269, 421
whey protein isolate hydrolysates, 393
wild betel, 45

X

xanthine, 445
xylan, 161
xylanolytic enzymes, 165

Y

yeast, 253
yield, 297
yield components, 57, 289

Z

Zea mays L. cv. PA271, 193

ดัชนีชื่อผู้แต่ง

ก

กนก รัตนะกนกชัย 161, 165, 169
กนกวรรณ เสรีภาพ 193
กมลชนก เล็กมณี 313
กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์ 265
กรณ์กนก อายุสุข 341
กฤติกา ศรีแดน 321
กฤษณา กฤษณพุกต์ 69
กฤษณา บุญศิริ 261
กฤษณา หงษ์คู 473
กฤษณี เอี่ยมจัด 257, 541
กัณฐมณี ทู้ไพเราะ 293
กันยารัตน์ มาแย้ม 25, 45
กัลยา มิขะมา 581
กัลยาณี สุวิทวัส 113
กัลยารัตน์ เครือวัลย์ 293, 603, 610
กาญจนา วรราษฎร์ 545
กาญจนา สุริยนต์ 233
กาญยานี โพนเบ้า 493
กานดา เลิศลดาลักษณ์ 281
กิ่งกานท์ พานิชนอก 485
กีระติ ธรรมพันธ์ 125
กุลนาถ อบสุวรรณ 365, 565
กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ 65, 197, 201
กุหลาบ สิทธิสวนจิก 213
เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ 69, 257, 309, 385, 541
เกษรา เพิ่มสุข 161
เก้ากันยา สุดประเสริฐ 369, 373, 577
เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง 468

ข

ขนิดา ญานถวิล 481
ขนิษฐา จงสุขกลาง 93
ขนิษฐา วงศ์ลาว 181
ขวัญกมล ทวายตาคำ 73
ขวัญชัย ศรีรักษา 213
ขวัญหทัย ทะนงจิตร 113
เขมรุจิ เข็มทอง 105

ค

คณวัฒน์ เสนแก้ว 89
คณาภรณ์ ปะนาเต 221
คณิต กฤษณังกูร 361, 553
คณิตนันท์ เอซัน 593

จ

จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ 161, 165, 169
จักรกฤษณ์ ศรีเคน 149
จันทรสุดา อดุลยศักดิ์สกุล 217
จาณุลักษณ์ ขนบดี 513
จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ 229, 337
จำนอง โสมกุล 85
จิตติมณฑน์ วงศ์ษา 329
จิรนันท์ วงศ์จิราษฎร์ 381
จุฑาทิพย์ สินสวัสดิ์ 613
จุฑามาศ ศิลปะภักดี 593
จุฑามาศ แสงรัมย์ 305
เจนจิรา ชุมภูคำ 573

ฉ

ฉัตราภา หัตถโกศล 9, 181, 205, 589
เฉลิมชัย วงษ์อารี 281, 365, 389, 545, 601

ช

ชฎาพร สาฤทธิ์ดี 317
ชณิตรา โพธิคเวษฐ์ 525
ชนกานต์ สกุลแถว 301
ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น 457
ชลธิรา แสงศิริ 285, 345
ชลัท ศานติวรางคณา 409
ชลิดา ชลไมตรี 389
ชวนพิศ จิระพงษ์ 545
ชาญณรงค์ แสงผา 581
ชานนท์ มณีรัตน์ 297
ชาลิณี สังขจ 513
ชินกฤต สุวรรณคีรี 377, 557, 561
ชื่นจิต แก้วกัญญา 305
ชุติมณฑน์ ชัยชวลิต 269
เชาวนี ชูพีรัชน์ 413
เชิดชู คงอ่อน 61

ฌ

เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์ 173, 353

ญ
ญานี พานทอง 31

ฐ
ฐิติมา คงรัตน์อาภรณ์ 105, 253

ณ
ณรงค์ชัย บุญศรี 485
ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ 5, 13, 21, 25, 37, 45, 81, 121, 125, 129, 133, 137, 141, 145, 205, 437, 441, 445, 449, 453, 457, 461, 469, 473, 481, 585, 589, 597, 613
ณัฏฐา เสนีวาส 73
ณัฏฐา คงโนนกอก 421
ณัฐ สมณคุปต์ 249
ณัฐกานต์ รัตนวารินทร์ชัย 241
ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ 341, 513
ณัฐธิรา สุขบูรณ์ 137
ณัฐพล ทัศนสุวรรณ 413
ณัฐวุฒิ ดอนลาว 41, 185
ณัติฐพล ไข่แสงศรี 137

ด
ดรุณี ถาวรเจริญ 309, 385
ดวงใจ มาลัย 269
ดามร บัณฑุรัตน์ 89
ดำรงพล คาแหงวงศ์ 497

ต
ไตรวุฒิ พันธุ์โยธา 409

ถ
ถกลวรรณ ศิริสวัสดิ์ 561

ท
ทรงพล ชื่นคา 349
ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย 489, 513, 521, 525, 549
ทศพล แทนรินทร์ 105, 253
ทศพล ศรัทธานนท์ 577

ธ
ธนพร ขจรผล 285, 345
ธนา จานงค์ศาสตร์ 261
ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์ 173
ธันวา ว่องไว 325
ธานี ศรีวงศ์ชัย 173
ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล 433
ธิดารัตน์ ไชยมงคล 153
ธิติมา วงษ์ชีรี 281
ธีร์ หะวานนท์ 31
ธีรพงษ์ บัวบูชา 177
ธีรยุทธ ดลเอี่ยม 285
ธีรยุทธ ตู้จินดา 177

น
นนทพัท ศรีสวัสดิ์ 497
นพดล สันยาย 377
นพพงศ์ จุลจอหอ 485
นภัสสร เพียสุระ 461
นภาพร ยังวิเศษ 297
นภาภรณ์ แซ่ลี้ 133
นรินทร์ภพ ช่วยการ 589
นฤมล สืบสายสิงห์ 505
นลินี พูลพิพัฒน์ 37
นวพร หงส์พันธุ์ 217
นัฐพล ตั้งสุภูมิ 409
นันท์ชนก นันทะไชย 93, 221, 325
นิตยา บุญทิม 557, 561
นิพร เดชสุข 505
นิภาดา ราญมีชัย 489
นิภาพร เมษา 233
นิราภร แซ่ย่าง 261

บ
บุญธิดา โฆษิตทรัพย์ 177
บุญสม จิตโสภณปัญญา 373
บุญหงษ์ จงคิด 289
บุรินทร์ แสงสุข 285
บุศรา บึงสว่าง 313
บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล 153, 157
บุษกร ประดิษฐนิยกูล 109
บุษราภรณ์ พรมประดิษ 529
เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ 17, 329, 593

ป
ปกขวัญ หุตางกูร 77, 381
ปฏิมา ทองขวัญ 433
ปณิดา คนหมั่น 425

ประมง เบกไธสง 57
ประเสริฐ บุญพิทักษ์กิจ 581
ปราณี อ่านเปรื่อง 397
ปรารถนา เกตุบท 165
ปริญญพันธุ์ เพชรจรัส 225
ปริยกร เพ็ชรรัตน์ 193
ปริยานุช จุลกะ 85
ปรีชา สายเพชร 581
ปวีณา ทองเหลือง 485
ปัจจยา ตันติวีรสุต 205
ปัญจาพาณ์ ชลสงคราม 157
ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ 245, 321
ปิติมา พุ่มพวง 353
ปิยรัฐ มโนมัยหทัยทิพย์ 1
ปิยะ เฉลิมกลิ่น 173
ปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ 69
ปิยะเนตร เนตรคุณ 53
ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล 185
ปิยาภัทร์ เข็มวิชัย 117
เปมิกา พรหมแก้ว 345
เปรมชัย เอี่ยมศิรินพกุล 607

ผ

ผกาวรรณ วงศ์นิก 405
ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ 365, 389, 525, 601
ผาณิต รุจิรพิสิฐ 273
พงษ์นาถ นาถวรานันต์ 385
พจมาลย์ สุรนิลพงศ์ 401, 617
พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย 489, 545
พนิตา ชุติมานุกูล 177
พรจิตรา จันทร์เจริญ 17
พรชัย เหลืองบริสุทธิ์ 277
พรทิพย์ ศิริสุนทราลักษณ์ 501
พรทิพย์ สุมนพันธุ์ 597
พรรณเพ็ญ เครือไทย 561
พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ 505
พรรณศมณฑ์ กอประเสริฐถาวร 569
พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล 181, 205, 589
พัชราภรณ์ รัตนธรรม 441, 445
พิจิตรา แก้วสอน 85, 573
พิชญ์สินี วีระไวทยะ 169
พิชญอร ไหมสุทธิสกุล 477
พิชญา บุญประสม พูลลาภ 89
พินิจ กรินท์ธัญญกิจ 113
พิมพ์นิภา เพ็งช่าง 113
พีรณัฐ ทวีชลพิสิฐ 281
พีรพงษ์ แสงวนางค์กูล 257, 541
พุทธชา สอนจันทร์ 610

ภ

ภัชชา เทศใจธรรม 529
ภัชรี สิทธิกิจโยธิน 277
ภัทรา ผาสอน 161, 165, 169
ภัทราวดี ศรีปัญญา 233
ภัทราวรรณ มหาสิงห์ 13, 129
ภัสจนันท์ หิรัญ 449
ภาณุมาศ ฤทธิไชย 49, 117, 297
ภาวิน อิทธิรส 357
ภาสันต์ ศารทูลทัต 31, 113, 529, 533
ภุมรินทร์ ขันส้มฤทธิ์ 405
ภูมิ ทองเนื้อห้า 69
ภูวนาท ฟักเกตุ 41, 497

ม

มณีรัตน์ ส่งเกษรชาติ 401
มัณฑนา บัวหนอง 365
มินตรา เลิศจิรธัญวัฒน์ 57
มีชัย เซี่ยงหลิว 177
เมทินี ชูเรือง 533
เมทินี วสุนทราวัฒน์ 225
เมธี วิบูลย์เขียว 345

ย

ยศ บริสุทธิ์ 53, 61, 493
ยาตรา ยมสูงเนิน 301
ยุวดี อินจันทร์ 485
เยาวพา จิระเกียรติกุล 49, 117, 297
เยาวภา บุญเอก 365
เยาวภา ไหวพริบ 301

ร

รณฤทธิ์ ฤทธิรณ 281
รพีพร เอี่ยมสะอาด 329
รวิพรรณ วัฒนชลทิศ 381
รังสิมา สูตรอนันต์ 301
รัชฎาภรณ์ คะประสบ 141
รัชนี ไสยประจง 277, 393
รัชนีวรรณ สะอาดศรีวีรเดช 9

รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ 469
รัฐพงศ์ พูนเพ็ชร 369
รัตติยา แววนุกุล 161, 165, 169
รัตนชัย ไพรินทร์ 349, 361, 369, 373, 517, 553, 577
รัตนวรรณ มกรพันธุ์ 193
รุจิรารัตน์ โดยคาดี 201
เรืองศักดิ์ กมขุนทด 113

ล

ลพ ภวภูตานนท์ 529, 533

ว

วชิราพรรณ มุสิกา 513, 521
วชิราภรณ์ ผิวล่อง 229, 337
วชิราภรณ์ มุสิกา 513, 521
วณิช ลิ่มโอภาสมณี 105, 253
วทันยา ลิมปพยอม 5, 121
วรธร ศรีธูป 425
วรรณพร พงษ์อภัย 281
วรางคณา ศรีจำนงค์ 181, 293, 610
วราภรณ์ วงศ์พิลา 485
วันดี จันหอม 317
วันทนีย์ เกรียงสินยศ 413
วัลย์ลิกา สมบัติมี 321
วาริช ศรีละออง 209, 341
วิชชุดา สังข์แก้ว 273
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล 65, 101, 189, 197, 241, 417
วินัย สายไฮคา 377
วิบูลย์ ช่างเรือ 89
วิมล วรรณวาศ 421
วิศณีย์ โพธิ์หล้า 513, 549
วิษณุ ทรัพย์กร 537
วิสะนี เหนือเมฆิน 109
วีระพงษ์ แสง – ชูโต 157
วีริศ ศุภทัศนา 573
วุฒิชัย แตงทอง 289

ศ

ศรัณย์ ลาภนิธิพร 21, 81
ศลิตา พลไชย 533
ศศา มนต์นามอญ 221
ศัลธยา อาจณรงค์ 317
ศานิต สวัสดิกาญจน์ 537
ศิริชัย เทพา 517
ศิรินทร์ จันทะโพธิ์ 149, 569
ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต 529
ศิริลักษณ์ สรงพรมทิพย์ 433
ศิริลักษณ์ สิงห์เพชร 229, 337
ศิริวรรณ ตั้งแสงประทีป 109
ศิริวัฒนา หัทสนธ์ 361, 553
ศิวคุปต์ ธัญญเจริญ 349
ศุภกร ทิมหอม 505
ศุภจิตรา ชัชวาล 177
ศุภธิดา อับดุลลากาซิม 31
เศรษฐา ศิริพินทุ์ 357
โศรดา วัลภา 97

ส

สกล ฉายศรี 485
สมบูรณ์ศักดิ์ ศิลาเปรื่อง 329
สมฤดี ไทพาณิชย์ 397
สมศรี เจริญเกียรติกุล 293, 610
สรัญญา วัชโรทัย 73
สักขี แสนสุภา 109
สายลม สัมพันธ์เวชโสภา 597
สาวิตรี รังสิภัทร์ 333
สิทธิชัย ลอดแก้ว 377
สิริกุล วะสี 257, 541
สิรินันท์ พึ่งพา 505
สิรินาฏ เนติศรี 233
สิริพร สนสารี 617
สิริมา ชินสาร 1, 101, 241
สุกัญญา มะหะหมัด 93
สุกัญญา อ้อนประเสริฐ 241
สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ 57
สุชาดา เสกสรรค์วิริยะ 105, 253
สุชานุช ไหมละเอียด 269
สุญาณี มงคลตรีรัตน์ 437, 585
สุนทรี ทารพันธ์ 565
สุปราณี งามประสิทธิ์ 485
สุปราณี มนูรักษ์ชินากร 209
สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง 109
สุพรพรรณ ศรีมาศ 257, 541
สุพรรษา จันทร์เพ็ญ 269
สุภัทร์ ไชยกุล 9
สุภาพรรณ คงสมเพ็ชร 189
สุภาภรณ์ เลิศศิริ 249
สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก 509

สุรพงษ์ พินิจกลาง 277, 393
สุรศักดิ์ เกษมสิริสวัสดิ์ 85
สุรศักดิ์ สัจจบุตร 229, 337
สุรัญ ชินพัฒนวานิช 517
สุวลี จันทร์ชลอ 201
สุวิทย์ วุฒิสุทธิเมธาวี 401
เสาวนีย์ ตรึกตรอง 209
เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์ 429
เสาวภา ทรัพย์ประสาท 417
โสฬส ธรรมรัตน์ 529, 533

ห
เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์ 33

อ
อนันต์ ทองทา 301
อนันต์ พิริยะภัทรกิจ 173
อโนชา สุขสมบูรณ์ 421, 425
อภิญญา เจริญกูล 237
อภินันท์ วัลภา 97
อภิรดี อุทัยรัตนกิจ 389, 489, 525, 601
อรพรรณ เสลามาศสกุล 145
อรพิน เกิดชูชื่น 5,13, 21, 25, 37, 45, 81, 121, 125, 129, 133, 137, 141, 145, 389, 437, 441, 445, 449, 453, 457, 461, 469, 473, 481, 585, 613
อรรจนา ด้วงแพง 149, 569
อรวรรณ สุวรรณทอง 497
อรสิริ กระแสร์สินธุ์ 325
อรอุมา สองศรี 49
อรัญญา นิพนธ์ศักดิ์ 453
อริศรา ศิรประกาศิต 501
อริสรา โพธิ์สนาม 305
อรุณพร อิฐรัตน์ 49, 117
อะกิฮิโกะ โคสึกิ 161, 165
อังคณา เปลี่ยนศรี 1
อังค์วรา จิระมงคล 285
อัญชลี ใจดี 177
อากิฮิโกะ โคซูกิ 169
อาภรณ์ สาระจันทร์ 405
อารักษ์ วิทิตธีรานนท์ 501
อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ 157
อินทิรา ลิจันทร์พร 313, 317, 405
อุทร ชิขุนทด 381
อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ 181, 205, 293, 409, 413
อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์ 589, 603, 610
อุบลพันธ์ รอดสุวรรณ 17
อุมาพร ทาไธสง 417
อุษราพรรณ พิธานธนกุล 17
เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ 468
เอกราช สิงห์ประสาท 185
เอฏฐวรรณ ชมชื่น 77
ไอริณ เจริญสุข 593

A
Adil Basuki Ahza 41

D
Dini Queentasari 41

M
Matta, F.B. 133, 137, 141

U
Ugyen Dorji 601

ผู้ทรงคุณวุฒิ
การประชุมและเสนอผลงานวิชาการพืชเขตร้อนและกึ่งร้อนครั้งที่ 7

รศ.ดร. รวี เสรฐภักดี	ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง	ศ. ดร. อรรถพล นุ่มหอม
ศ. ดร. ปราณี อาจเปรื่อง	ผศ. รัชนี ไสยประจง	ผศ. ดร. รัตนชัย ไพรินทร์
รศ. ดร. สรัญญา วัชโรทัย	ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์	รศ. ดร. ประภาพร ตั้งกิจโชติ
รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น	ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล	รศ. สมภพ ฐิตะวสันต์
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์	ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์	ดร. ทรงพล สมศรี
รศ. ดร. กนก รัตนะกนกชัย	ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์	ดร. อมรา ชินภูติ
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย	ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์	ดร. วันทนา ตั้งเปรมศรี
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ	ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง	ผศ. ดร. เฉลิมชัย วงษ์อารี

คณะกรรมการจัดงานประชุมฯ

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น	ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง	ผศ. ดร. พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์	ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ	ผศ. ดร. สุรพงษ์ พินิจกลาง
รศ. ดร. กนก รัตนะกนกชัย	ผศ. ดร. เฉลิมชัย วงษ์อารี	ผศ. ดร. เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย	ผศ. ดร. เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์	ผศ. ดร. เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์	ผศ. ดร. รัตนชัย ไพรินทร์	ผศ. รัชนี ไสยประจง

คณะทำงานจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ฉบับพิเศษ ปีที่ 44 ฉบับที่ 2

รศ. ดร. อรพิน เกิดชูชื่น	นางสาวอรพรรณ เสลามาศสกุล	นางสาวอรัญญา นิพนธ์ศักดิ์
รศ. ดร. ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์	นางสาวนภาภรณ์ แซ่ลี้	นางสาวภัทราวรรณ มหาสิงห์
ผศ. ดร. อภิรดี อุทัยรัตนกิจ	นางสาวภัสจนันท์ หิรัญ	นางสาวสุญาณี มงคลตรีรัตน์
ผศ. ดร. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย	นายณัติฐพล ไข่แสงศรี	นายกีระติ ธรรมพันธ์
ผศ. ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์	นางนภัสสร เพียสุระ	นางสาวจินดาพร คงเดช
ผศ. ดร. วาริช ศรีละออง	นางสาวพัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์	นายวรายุทธ จันทร์ปลอด
นางสาวรัชฎาภรณ์ คะประสบ	นางสาวชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น	